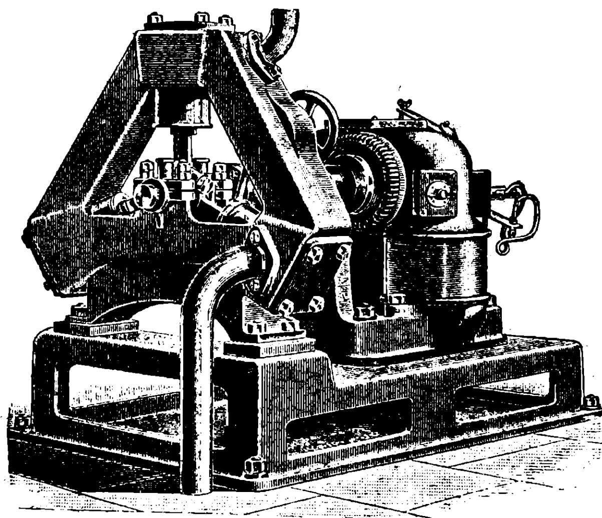
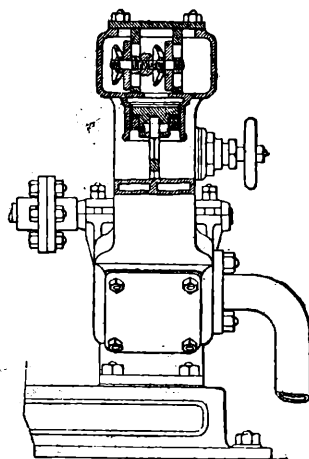
П. К. Худяковъ,

профессоръ ИМПЕРАТОРСКАГО Техническаго Училища.

ПОСТРОЕНІЕ НАСОСОВЪ.

Курсъ, читанный въ ИМПЕРАТОРСКОМЪ Техническомъ Училищѣ, и дополненія къ курсу.





Критическая оцѣнка конструктивныхъ типовъ насосовъ, данныя для проектированія насосовъ, разсчетныя таблицы, краткіе историческіе очерки по различнымъ отдѣламъ построенія насосовъ, классификація насосовъ, указанія на литературу по насосамъ.



МОСКВА.

Типо-литографія „Русскаго Т-ва печатнаго и издательск. дѣла“.

Чистые пруды, Мыльниковъ пер., собственный домъ.

[illegible]



Работы В. Г. Шухова.

1. **Стропила.** Изысканіе раціональныхъ типовъ стропильныхъ фермъ и теорія арочныхъ фермъ. Изданіе 1897 г. **Цѣна 3 рубля.**

2. **Насосы прямого дѣйствія и компенсація ихъ.** Изданіе 2-е, 1897 г. **Цѣна 1 рубль.**

3. **Трубопроводы** и примѣненіе ихъ къ нефтяной промышленности. Изданіе 2-е, 1895 г. **Цѣна 1 р. 50 к.**

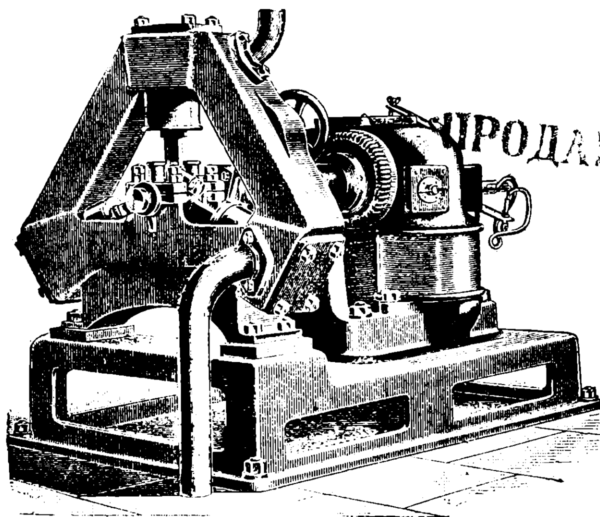
—

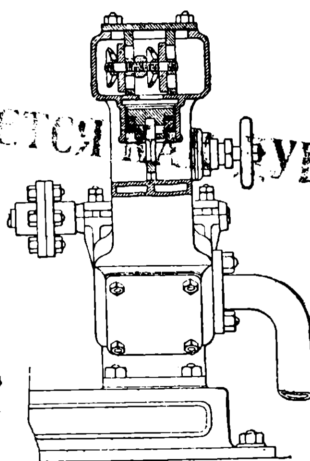
Работы В. Г. Шухова изданы *Политехническимъ Обществомъ* въ Москвѣ. Требованія и суммы высылаются на имя секретаря Политехническаго Общества П. С. Страхова—Москва, Мясницкая, Милютинскій переулокъ, домъ № 8.

П. К. Худяковъ,
профессоръ ИМПЕРАТОРСКАГО Техническаго Училища.

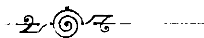
ПОСТРОЕНІЕ НАСОСОВЪ.

Курсъ, читанный въ ИМПЕРАТОРСКОМЪ Техническомъ Училищѣ, и дополненія къ курсу.





Критическая оцѣнка конструктивныхъ типовъ насосовъ, данныя для проектированія насосовъ, разсчетныя таблицы, краткіе историческіе очерки по различнымъ отдѣламъ построенія насосовъ, классификація насосовъ, указанія на литературу по насосамъ.





МОСКВА.
Типо-литографія „Русскаго Т-ва печатнаго и издательск. дѣла".
Чистые пруды, Мыльниковъ пер., собственный домъ.
1899.



ОТЪ АВТОРА.

Область примѣненія насосовъ за послѣднее XXV-лѣтіе необычайно расширилась и самый характеръ этихъ примѣненій весьма существенно измѣнился сравнительно съ предшествовавшимъ этому періодомъ времени: отъ насосовъ, снабженныхъ тяжелыми и медленно качающимися взадъ и впередъ массами, постепенно перешли къ насосамъ **быстроходнымъ**; вошло во всеобщее употребленіе **многократное расширеніе** пара въ паровыхъ насосахъ; начинаютъ распространяться **электрическія** насосныя установки; довольно значительное развитіе получилъ за это время вопросъ о **водоснабженіи** городовъ и селеній, а также крупныхъ фабрикъ и заводовъ, какъ съ цѣлію удовлетворенія потребности въ питьевой водѣ, такъ въ особенности и съ цѣлями **противопожарными**; сильно развилось также и дѣло примѣненія гидравлическихъ **аккумуляторовъ** не только въ заводской жизни и въ большихъ торгово-промышленныхъ предпріятіяхъ, но мѣстами и въ частной жизни большихъ городовъ и мѣстечекъ, поставленныхъ въ особо благопріятныя для того условія; развилось быстро и **артезіанское** дѣло; возникли новыя отрасли примѣненія насосовъ къ перекачкѣ различныхъ другихъ жидкостей, кромѣ воды, напр., нефти, керосина, спирта, кислыхъ и щелочныхъ растворовъ въ производствахъ по различнымъ отдѣламъ химической технологіи, а равно и жидкостей, представляющихъ собою отбросы фабрично-заводскаго производства и домашняго обихода; явилась надобность быстро и экономично перекачивать сразу **большія массы** жидкости; явилась необходимость преодолѣвать препятствія при передачѣ жидкости **на большія разстоянія**, при подъемѣ ея **на большую высоту**, при нагнетаніи ея въ котлы весьма высокаго давленія и т. д.

При удовлетвореніи всѣхъ этихъ запросовъ практики, на ряду съ общими требованіями **простоты** всего устройства, **цѣлесообразности** его, **долговѣчности, дешевизны** въ обзаведеніи и **экономичности** въ работѣ приходилось имѣть въ виду также и **весьма разнообразныя спеціальныя условія работы** насосовъ на мѣстѣ ихъ примѣненія.

Надъ разрѣшеніемъ всѣхъ вышеупомянутыхъ вопросовъ въ свое время потрудилось не малое число людей науки, инженеровъ и спеціалистовъ-практиковъ. При современномъ состояніи технической литературы на западѣ, значительная часть результатовъ работы этихъ достойныхъ піонеровъ сдѣлалась теперь уже общимъ достояніемъ, отчасти вошла уже въ нѣкоторыя спеціальныя сочиненія, но еще болѣе того осталось разбросаннымъ по журнальнымъ статьямъ, мало извѣстнымъ брошюрамъ и т. п. Въ литературѣ по насосамъ эта разбросанность матеріала особенно бросается въ глаза. По всему видно, что новые вопросы и новыя требованія назрѣвали и появлялись быстрѣе, чѣмъ шло ихъ разрѣшеніе, удовлетвореніе и провѣрка опытомъ Затѣмъ, какъ и всегда это бываетъ, одного автора по преимуществу занималъ одинъ какой-либо спеціальный вопросъ, другой занятъ своимъ, третій предпринималъ свою работу, не ознакомившись предварительно съ тѣмъ, что было уже сдѣлано его предшественниками, напр., оставляя въ сторонѣ англійскую техническую литературу и особенно русскую и т. д.

Нельзя не отмѣтить съ удовольствіемъ, что въ литературѣ по насосамъ на русскомъ языкѣ имѣется хотя и небольшое число спеціальныхъ работъ, но затрагиваются ими и разрѣшаются весьма капитальные вопросы, представляющіе интересъ не только съ практической точки зрѣнія, но и съ теоретической.

Приступая къ работѣ по составленію этого курса для студентовъ **Императорскаго Московскаго Техническаго Училища**, я задался цѣлію: 1) передать имъ по возможности въ сжатой формѣ сущность общихъ теоретическихъ вопросовъ и сводъ практическихъ требованій, которымъ должно удовлетворять устройство насоса въ различныхъ случаяхъ, 2) помочь имъ разобраться въ массѣ накопившагося десятилѣтіями факти-

ческаго матеріала, указавши для этого наиболѣе существенные и вѣрные признаки, по которымъ можно было бы безошибочно и быстро распознавать въ каждомъ устройствѣ насоса его цѣнныя особенности, а равно и недостатки, устранимые и неизбѣжные, и не только по отношенію къ существующимъ конструкціямъ насосовъ, но также и ко всѣмъ другимъ, имѣющимъ появиться въ будущемъ.

Какъ это ни странно, въ извѣстныхъ до сихъ поръ курсахъ построенія насосовъ совершенно отсутствовала **классификація** ихъ, которая была бы основана на признакахъ строго научныхъ, безусловно вѣрныхъ и существенныхъ, а не случайныхъ и второстепенныхъ. Насколько необходима въ данное время подобная классификація, легко убѣдиться каждому, просматривая, напр., безсвязные и безсистемные обзоры устройства насосовъ, которые отъ времени до времени помѣщаются въ нѣкоторыхъ нѣмецкихъ и французскихъ техническихъ журналахъ, а также перелистывая каталоги по насосамъ отъ различныхъ фирмъ и т. п.

При составленіи этого курса пришлось поэтому потратить довольно много труда и времени на созданіе такой общей классификаціи насосовъ, которая была бы чужда основной зависимости: 1) отъ совершенно случайной и крайне запутанной нѣмецкой и французской номенклатуры по насосамъ, 2) отъ лицъ, которыя сдѣлали въ этой области тѣ или другія изобрѣтенія, усовершенствованія и 1-я примѣненія, 3) отъ фирмъ, которыя строятъ и эксплуатируютъ тѣ или другія устройства насосовъ, 4) отъ мѣста ихъ постановки, 5) отъ второстепенныхъ измѣненій въ конструкціи и т. п.

Въ основу общей классификаціи насосовъ положены мною: 1) **служебное назначеніе насоса,** 2) теоретическое **количество жидкости,** подаваемой насосомъ при каждомъ оборотѣ вала, въ связи съ большей или меньшей **равномѣрностью подачи** жидкости въ трубопроводъ насоса (см. §§ 14—15) и съ вытекающей отсюда зависимостью между размѣрами трубопровода и системою насоса.

Задача составленія этого курса значительно упростилась для меня главнымъ образомъ тѣмъ, что я приступилъ къ этой работѣ послѣ продолжительныхъ занятій проектирова-

ніемъ со студентами И. Т. У-ща по этому отдѣлу машиностроенія. Въ теченіе 20 учебныхъ періодовъ этихъ занятій была, конечно, полная возможность узнать и разучить различныя стороны даннаго вопроса, которыя представляютъ наибольшія затрудненія для начинающихъ заниматься проектированіемъ насосовъ.

При собираніи разнаго рода теоретическихъ и практическихъ данныхъ, а также и необходимыхъ для этого курса чертежей и рисунковъ, я пользовался любезнымъ содѣйствіемъ моихъ добрыхъ товарищей по И. Т. У-щу, инженеръ-механиковъ: В. Г. Шухова, Г. Ю. Миттельштедта, А. И. Сидорова, А. П. Гавриленко, А. И. Пермякова, С. В. Касаткина, И. П. Валевахина, В. Е. Грачева, Л. Г. Кифера, В. П. Давыдова и Б. Б. Стариченкова. Всѣмъ этимъ лицамъ считаю своимъ долгомъ принести здѣсь мою глубокую благодарность за оказанное ими содѣйствіе.

Въ 1890—91 г. изданъ былъ мною **Атласъ насосовъ, исполненныхъ русскими и заграничными заводами** (въ 8 выпускахъ). Эта предварительно продѣланная мною работа позволяетъ обойтись теперь безъ особаго атласа чертежей при этомъ курсѣ. Гдѣ нужно, сдѣланы въ немъ ссылки на таблицы **Атласа насосовъ.** Всегда съ благодарностью вспоминая тѣхъ лицъ, которые оказали мнѣ содѣйствіе при составленіи **Атласа насосовъ,** не могу не отмѣтить въ ихъ числѣ: Е. Э. Бромлей, Г. И. Листъ, А. Х. Гансъ, В. Г. Шухова, Н. Н. Ильина и А. И. Пермякова.

При краткомъ изложеніи курса необходимо было сдѣлать возможно большее число указаній на литературные источники, по которымъ желающіе могли бы всесторонне ознакомиться съ интересующими ихъ дальнѣйшими подробностями. Чтобы облегчить для желающихъ эту кропотливую работу, съ этою цѣлію по всему курсу въ изобиліи разбросаны сноски и указанія въ самомъ текстѣ на литературные источники.

Приведенныя въ курсѣ разсчетныя **таблицы,** большинство которыхъ составлено лично мною, имѣютъ своимъ назначеніемъ — дать возможность проектирующимъ насосы: 1) быстро отвѣчать на дѣлаемые имъ запросы, когда всѣ заданныя

условія совершенно точно подходятъ къ табличнымъ даннымъ, 2) видѣть предѣлы, между которыми можетъ заключаться отвѣтъ на точное рѣшеніе, если не всѣ условія сходятся съ табличными.

Буду весьма радъ, если моя работа окажется полезною не только для студентовъ, моихъ слушателей въ настоящее время, но и для всѣхъ тѣхъ лицъ, которыя въ той или другой формѣ имѣютъ дѣло въ практикѣ съ построеніемъ насосовъ, ихъ установкою, распространеніемъ и т. п.

П. Худяковъ.

8 мая 1899 г.

СПРАВОЧНЫЯ ДАННЫЯ,

необходимыя при разсчетѣ насосовъ и при чтеніи журнальныхъ статей, касающихся насосовъ.

1. Линейныя мѣры.

1 футъ англ. и русскій = $^1/_7$ саж. = $^3/_7$ арш. = $^1/_3$ англ. ярда = = 0,3048 мт. = 30.48 см. = 305 мм.

1 аршинъ = $^1/_3$ саж. = $2^1/_3$ фут. = 0,7112 мт. = 711 мм.

1 саж. = 7 фут. = 3 арш. = $2^1/_3$ англ. ярда = 2,1336 мт.

1 англ. ярдъ = 3 фут. = $1^2/_7$ арш. = $^3/_7$ саж. = 0,9144 мт.

1 мт. = 3,2809 фут. = 0,4687 саж. = 1.4061 арш. = 39,37 дюйм. = = 1.0936 англ. ярда = 0.00062 англ. мили.

1 см. = 0,393 дм. = 0,0109 англ. ярда.

1 киломт. = 3281 фут. = 1093,6 англ. ярда = 0.621377 англ. мили.

1 англ. миля = 1.609 киломт.

2. Квадратныя мѣры.

1 кв. саж. = 4.552 кв. мт. = 49 кв. фут. = 7056 кв. дм.

1 кв. футъ = 144 кв. дм. = 0,0929 кв. мт. = 0,0204 кв. саж. = = 929 кв. см. = 92901 кв. мм.

1 кв. мт. = 0,2197 кв. саж. = 10,764 кв. фут. = 1550 кв. дм.

1 кв. см. = 0,155 кв. дм. = 0,001076 кв. фута.

1 кв. дм. = 6,4514 кв. см. = 645 кв. мм.

3. Кубичныя мѣры.

1 куб. саж. = 9,9282 куб. мт. = 343 куб. фут. = 592704 куб. дм.

1 куб. футъ = 1728 куб. дм. = 0,0029 куб. саж. = 0,0283153 куб. мт. = 28315,3 куб. см. = 28315300 куб. мм.

1 куб. мт. = 0,1030 куб. саж. = 35,3166 куб. фут. = = 61027,1 куб. дм. = 1,308 куб. ярд. англ.

1 куб. дм. = 16,836 куб. см. = 16836 куб. мм.

100 куб. см. = 6,103 куб. дм.

4. Емкость.

1 ведро = 12,299 литр. = 0,0123 куб. мт. = 2,707 анг. галлон. = = 750,6 куб. дм. = 0,4344 куб. фут. = 0,469 четверика.

1 куб. фут. = 2,3023 ведра = 6,23 англ. галлон. = 28,3 литра.

1 англ. галлонъ *(Imperial Gallon)* = 1,2 америк. галлона = 0,3694 ведра = 4,5435 литра = 277,274 куб. дм. = 0,16 куб. фут.

1 америк. галлонъ *(U. S. Gallon)* = 0,834 англ. галлонъ = 231 куб. дм. = 0,134 куб. фут. = 3,8 литр. = 0,3089 ведра.

1 литръ = 0,0813 ведра = 0,22 англ. галлона = 0,264 амер. галлона. = = 61 куб. дм. = 0,0353 куб. фута = $\frac{1}{1000}$ куб. мт.

1 куб. мт. = 81,31 ведра = 220 англ. галлон. = 264 амер. галлон. = = 1000 литр.

5. Мѣры вѣса.

1 русск. фунтъ = 0,9028 англ. фунта (обозн. *lbs*) = 0,4095 кг.

1 *lbs* = 0,4536 кг. = 1,1076 рус. фнт.

1 фнт. французскій, нѣмецкій, швейцарскій = 0,5 кг.

1 фнт. вѣнскій = 0,56 кг. = 1,3675 рус. фнт.

1 кг. = 2,4419 рус. фнт. = 2,2046 *lbs* = 2 фнт. француз. = = вѣсу 1 *lt* воды при наибольшей ея плотности и атмосф. давл. въ 760 мм. ртути. столба.

100 пуд. = 1,612 англ. тоннъ (обозн. *tn*), каждая въ 2240 *lbs* = = 1,6381 франц. *tn*. каждая въ 1000 кг. = 32,76 нѣмецк. центнеровъ.

1 англ. *tn* = 1,0161 франц. *tn* = 62,0275 пуд. = 2240 *lbs* = = 20 англ. центнеровъ.

1 франц. *tn* = 0,9842 англ. *tn* = 10 франц. центнер. по 100 кг. = = 1000 кг. = 61,0475 пуд. = 20 нѣмецк. центн.

1 центнеръ французск. = 100 кг. = 2 цент. нѣмецк. = 200 фнт. франц. = 6,1 пуд.

1 центнеръ нѣмецк. = 50 кг. = $\frac{1}{2}$ центнер. французск. = 100 фунт. нѣмецк. = 3,419 пуд.

6. Давленіе на 1 площади.

1 кг. на 1 кв. мм. = 100 кг. на 1 кв. см. = 39,38 пуд. на 1 кв. дм. = = 1422,26 *lbs* на 1 кв. дм.

1 пудъ на 1 кв. дм. = 2,5391 кг. на 1 кв. см. = 36,113 *lbs* на 1 кв. дм.

1 *lbs* на 1 кв. дм. = 0,0703 кг. на 1 кв. мм. = 0,0277 пуд. на 1 кв. дм. = = 0,068 атм.

1 кг. на 1 кв. см. = 15,75 рус. фунт. на 1 кв. дм. = 14.223 *lbs* на 1 кв. дм.

1 рус. фунтъ на 1 кв. дм. = 0,063 кг. на 1 кв. см.

7. Давленіе 1 атмосферы.

На 1 кв. см. = 1,0333 кг. = 76 см. ртутнаго столба.

На 1 кв. дм. = 16,278 рус. фн. = 14,696 *lbs* = 29,9218 дм. ртутнаго столба = 33,947 фут. водяного столба.

8. Работа.

1 лошадиная сила (русскій, французскій, нѣмецкій счетъ) = 75 кг.-мт. въ сек. = 4500 кг.-мт. въ мин. = 15 пудо-фут. въ сек. = 600 фунто-фут. русск. въ сек.

1 лошадиная сила (англ. счетъ) = 550 англ. фунто-фут. въ сек. = = 33000 англ. фунто-фут. въ мин.

Франц. лош. силъ = 1,0139 × англ. лош. силъ.

Англ. лош. силъ = 0,9857 × франц. лош. силъ.

1 кг.-мт. = 8 фунто-фут. рус. = 0,2 пудо-фут. = 7,233 англ. фунто-фут.

1 фунто-фут. русск. = 0.125 кг.-мт.

1 фунто-футъ англ. = 0,138257 кг.-мт.

1 номинальная сила на Волгѣ = 4 индикаторнымъ силамъ.

1 » » въ Англіи = $D^2 . V : 6000$, гдѣ D — діам. парового цил. въ дм., а V — скорость поршня въ фут. въ мин.

9. Скорости.

Фут. въ сек.	× 0.3048	= мт. въ сек.
» въ мин.	× »	= мт. въ мин.
» »	× 0.011363	= англ. миль въ часъ.
» »	× 0.018287	= килом. въ часъ.
Метр. въ сек.	× 3,2809	= фут. въ сек.
» »	× 196.86	= фут. въ минуту.
» въ мин.	× 0,06	= килом. въ часъ.
Узловъ (*knots*) въ часъ	× 101,33	= фут. въ мин.
» »	× 1,151	= англ. миль въ часъ.
» »	× 1.853	= киломт. въ часъ.

10. Вѣсъ жидкостей.

Эквиваленты для перевода вѣса, выраженнаго въ различныхъ мѣрахъ:

Русск. *пуды* и *футы*	*кг.* и *мт.*	*lbs* и *футы.*
1	578,513	36,1130
1,7286	**1000**	64,4238
0,277	16,0196	**1**

Вѣсъ 1 куб. мт. воды при $+4^0 R$ = 1000 кг.
» 1 литра » » = 1 кг. = 2,2 *lbs.*
» 1 куб. фут. » » = 28,3 кг. = 1,7286 пуд.
» 1 куб. дюйма » » = 0,0164 кг. = $\frac{1}{1000}$ пуд. = $\frac{1}{25}$ фнт.
» 1 ведра » » = 30 фнт. = $\frac{3}{4}$ пуд. = 12,3 кг.
» 1 галлона анг. » » = 4,54 кг. = 10 *lbs.*

1 франц. *tn* воды = 1 куб. мт. = 1000 *lt* = 81,3 ведра.
1 пудъ воды = 1,33 ведра = 1000 куб. дм. дм. = 16,8 литр.
Вѣсъ 1 куб. фута морской воды = 64 *lbs* = 29 кг.
» » бакинскаго керосина (уд. в. 0,82) = около 1,42 пуд.
» » » нефти (уд. в. 0,87) = около 1,5 пуд.
» » » нефтян. остатковъ (уд. в. 0,91) = = около 1,57 пуд.

1 пудъ нефтян. остатковъ = 1,46 ведр. = 18,5 литр.

Давленіе на 1 кв. дм. отъ столба воды высотою 1 футъ = = 0,012 пуд. = 0,48 фнт.

Давленіе на 1 кв. дм. отъ столба нефти высотою 1 футъ = = 0,01 пуда = 0,4 фнт.

Удѣльный вѣсъ азотной кислоты	отъ 1,3	до 1,49
» » алкоголя безводнаго	0,806	
» » водки 40° Траля.	0,951	
» » глицерина	1,27	
» » пива		до 1,05
» » уксуса		» 1,02
» » соляной кислоты 21° Боме.		. 1,166
» » сѣрной кислоты . .	отъ 1,5	до 1,84

ОБЩІЯ ДАННЫЯ и СООБРАЖЕНІЯ

ОТНОСИТЕЛЬНО УСТРОЙСТВА НАСОСОВЪ.

1. **Перемѣщеніе жидкости.** Насосомъ называется такая машина, посредствомъ которой дѣлается перемѣщеніе жидкости съ одного мѣста на другое.

Самая операція перемѣщенія жидкости наз. вообще ***перекачиваніемъ*** или ***перекачкой***, если главную роль играетъ не высота, на которую надо поднимать жидкость, а длина трубопровода; та же операція наз. ***накачиваніемъ***, если жидкость съ поверхности земли надо подавать на большую высоту или нагнетать въ резервуаръ, въ которомъ господствуетъ большое давленіе; и наконецъ та же операція наз. ***откачиваніемъ*** или ***откачкой***, если жидкость надо подавать на поверхность земли съ уровня, лежащаго ниже ея.

Напоръ, преодолѣваемый при перекачкѣ жидкости, ограничивается часто всего лишь небольшимъ числомъ метровъ, а длина трубопровода доходитъ при этомъ иногда до нѣсколькихъ верстъ.

Напоръ, преодолѣваемый при откачкѣ воды изъ рудниковъ и шахтъ и при накачиваніи ея въ высоко расположенные резервуары, достигаетъ нерѣдко нѣсколькихъ сотъ метровъ.

Если общая высота напора чрезмѣрно велика *), то ее разбиваютъ на части и передаютъ жидкость, такъ сказать, изъ одного этажа въ другой.

Подобное же дробленіе нерѣдко предпринимается и относительно количества жидкости, т. е. все доставляемое насосной станціей количество жидкости подается одновременно цѣлымъ рядомъ насосовъ, большею частію одной и той же конструкціи, однихъ и тѣхъ же размѣровъ. Особенное значеніе подобное дробленіе имѣетъ въ тѣхъ случаяхъ, когда большую роль играетъ ***непрерывность*** въ работѣ станціи, и когда это обезпечивается ***запасными*** насосами; ихъ, разумѣется, будетъ выгоднѣе имѣть разсчитанными, напр., на половинный суточный расходъ воды, чѣмъ на полный. Съ другой стороны надо имѣть въ виду, что вообще дробленіе всей массы качаемой жидкости на слишкомъ мелкія порціи, выпадающія на долю каждаго отдѣльнаго насоса, невыгодно съ экономической стороны, въ смыслѣ повышенія стоимости первоначальнаго устройства станціи и послѣдующей эксплуатаціи ея.

---

*) Понятіе „чрезмѣрной“ величины преодолѣваемаго напора въ разныя эпохи было весьма различно. Въ Пиринеяхъ, въ шахтѣ *Rancié*, напр., въ концѣ XVIII в. работали деревянные шахтные насосы, приводимые въ дѣйствіе отъ руки и водяной силой. При напорѣ въ 35 мт. поставлено было по высотѣ 36 насосовъ, подававшихъ воду послѣдовательно одинъ другому (*Annales de mines*, 1895, *tm.* VIII). Въ настоящее время встрѣчаются установки шахтныхъ насосовъ, коими сразу преодолѣвается напоръ свыше 500 мт.

Въ случаѣ требованія безусловной непрерывности въ работѣ насосной станціи, достаточно бываетъ имѣть 1 запасный насосъ на 2 въ работѣ, 2 запасныхъ—на 4—5 въ работѣ и т. д.

Выведеніе въ запасъ непремѣнно должно дѣлаться поочередно то на одномъ насосѣ, то на другомъ, чтобы имѣть полную увѣренность въ исправности каждаго изъ нихъ. Въ такихъ случаяхъ для каждаго насоса долженъ быть веденъ *дневной журналъ* со всѣми отмѣтками, касающимися особыхъ обстоятельствъ работы, остановокъ, неисправностей, ремонта, смѣны изношенныхъ частей, характера износа ихъ и т. п.

2. **Природа перекачиваемой жидкости** бываетъ крайне разнообразна. Качать совершенно чистую воду на фабрикахъ и заводахъ приходится сравнительно рѣдко; въ роли перемѣщаемой жидкости бываетъ чаще или вода съ различными механическими и химическими примѣсями, или же разныя жидкія вещества, являющіяся въ производствѣ, иногда какъ промежуточный факторъ его или реагентъ, а иногда какъ окончательный продуктъ даннаго производства.

Качать воду приходится и холодную, и горячую, и прѣсную, и соленую, и кислую, съ примѣсью ила, песку, съ большимъ содержаніемъ сѣрнистыхъ и др. газовъ.

Изъ другихъ жидкостей часто перекачиваютъ насосами вино, спиртъ, бражку, пиво, свекловичный сокъ, сахарный растворъ, амміачную воду, глицеринъ, керосинъ, нефть, нефтяные остатки (мазутъ), дубильныя жидкости, землеудобрительные туки, жидкія нечистоты и проч.

Природа перекачиваемой жидкости налагаетъ на устройство насоса свой отпечатокъ, какъ въ смыслѣ выбора матеріала, изъ котораго должны быть сдѣланы части насоса, соприкасающіяся съ жидкостью непосредственно, такъ и въ смыслѣ приданія этимъ частямъ той или другой конструкціи, той или другой рабочей скорости и проч.

Матеріалами, изъ которыхъ выполняются главныя части насосовъ, являются по преимуществу *чугунъ* и *бронза.*

Окислительному воздѣйствію свободнаго кислорода воздуха, раствореннаго въ жидкости, бронза противостоитъ лучше, нежели чугунъ, но она много дороже чугуна, и употребленіе ея въ большомъ количествѣ на выдѣлку отвѣтственныхъ частей насосовъ повышаетъ стоимость ихъ въ продажѣ на 10—15%, а иногда и болѣе.

Трущіяся во время работы одна по другой части насосовъ, во избѣжаніе приржавленія ихъ другъ къ другу и съ цѣлію уменьшенія коэффиціента тренія между ними, исполняются так. обр., чтобы по крайней мѣрѣ одна изъ нихъ, если только не обѣ, были сдѣланы изъ бронзы.

Тѣ отвѣтственныя части водяныхъ насосовъ, которыя во время работы должны оказывать сопротивленіе попеременно то растяженію, то сжатію, лучше всего исполнять изъ хорошей фосфористой бронзы, которая по своимъ свойствамъ сопротивляемости не уступаетъ желѣзу.

Массивныя литыя части насосовъ, подверженныя изнашиванію, отливаются изъ чугуна, а затѣмъ на рабочихъ поверхностяхъ онѣ одѣваются ***смѣнными частями*** изъ бронзы, свинца, олова и др.

Бронзовыя части насосовъ, качающихъ морскую воду, въ германскомъ военномъ флотѣ принято дѣлать изъ бронзы, въ составъ которой входятъ 85 ч. мѣди, 8,5 ч. олова, 4,3 ч. цинка 2,2 ч. свинца (см. ***Büsley, Schiffsmaschine).***

Дѣйствію слабыхъ кислотъ чугунъ сопротивляется плохо, его замѣняютъ тогда свинцомъ, или же чугунную часть ***одѣваютъ,*** наращиваютъ свинцомъ какой-угодно толщины. Такими работами въ Германіи занимается спеціально фирма ***Eduard Goll (in Offenbach am Main).***

Воздѣйствію сильныхъ кислотъ хорошо сопротивляется ***чугунъ,*** затѣмъ ***гартблей (Hartblei*** — сплавъ изъ свинца и сурьмы) и сплавъ ***Drenkmann*** (см. ***Журналъ Общества нѣмецкихъ инженеровъ,*** 1885 г., стр. 232), состоящій изъ 80% свинца и 20% олова по вѣсу.

Изъ другихъ сплавовъ, особенно хорошо сопротивляющихся дѣйствію сильныхъ кислотъ (сѣрной, азотной, соляной) отмѣтимъ сплавъ ***Werneburg*** (см. ***Журн. Общ. нѣм. инж.*** 1885, стр. 232), состоящій изъ 91% свинца и 9% олова, и затѣмъ два сплава ***Hupertz*** (см. ***тамъ же,*** стр. 331):

86 ч. мѣди,	9 ч.	олова,	5 ч.	цинка;
77 »	14,5	»	8	»

Воздѣйствію не особенно сильныхъ кислотъ и щелочныхъ растворовъ хорошо сопротивляется сплавъ изъ 90% мѣди и 10% олова (данныя завода ***Wegelin & Hübner*** въ Галле).

При перекачкѣ пикриновой кислоты, трубы и друг. литыя части одѣваются слоемъ олова на поверхности соприкосновенія съ жидкостью, а рабочія поверхности крановъ и клапановъ одѣваются или твердымъ каучукомъ, или гартблей.

При перекачкѣ креозота, дегтярной и амміачной воды отвѣтственныя части, соприкасающіяся съ жидкостью, дѣлаются изъ чугуна; если поршневыя скалки готовятся желѣзными, онѣ сначала грубо обтачиваются, а затѣмъ съ поверхности одѣваются чугуннымъ покровомъ.

При качаніи уксусной кислоты встрѣчаются въ употребленіи насосные цилиндры изъ дерева, стекла, вулканизированнаго каучука.

Бражка и спиртъ могутъ быть перекачиваемы насосами съ чугунными отвѣтственными частями, перекачка вина и пива требуетъ имѣть ихъ бронзовыми.

Относительно примѣненія при перекачкѣ жидкостей деталей насоса изъ ***каучука*** нужно помнить слѣдующее: на него не оказываютъ дѣйствія хлористый цинкъ и уксуснокислый цинкъ; подкисленная вода портитъ его; особенно разрушительное дѣйствіе оказываютъ на него растворы солей мѣди—сѣрнокислой, хлористой, азотнокислой и др. (см. ***Горн. Журн.***, 1892, № 8).

Когда подлежащая перекачкѣ вода содержитъ въ себѣ много взмученныхъ илистыхъ и песчаныхъ примѣсей, воду заставляютъ поступать въ пріемную трубу насоса по преимуществу съ поверхности ея, а не съ глубины. Для этого при разработкѣ шахтъ, напр., приспосабливаются пловучіе ***пріемники*** для воды, которые автоматически держатся на поверхности ея и сквозь сѣтку впускаютъ въ пріемную трубу только наиболѣе чистую порцію воды *). Войдя въ пріемникъ, вода движется въ немъ сначала сверху внизъ и отдѣляетъ здѣсь еще нѣкоторую часть захваченныхъ съ собою примѣсей, а затѣмъ уже послѣ этого вода болѣе чистою вступаетъ въ пріемную трубу и начинаетъ свое восходящее движеніе по направленію къ насосу; пріемникъ имѣетъ откидное дно для періодическаго удаленія съ него осадковъ.

3. **Полезная работа насоса.** Сдѣлаемъ обозначенія:

Q — ***производительность насоса***, или ***вѣсъ*** жидкости, подаваемой насосомъ ***въ минуту*** и выраженный ***въ килограммахъ***;

h — ***высота напора*** въ мт., или вертикальное разстояніе между уровнемъ жидкости въ нижнемъ резервуарѣ и центромъ отверстія, изъ котораго жидкость изливается въ напорный бакъ;

N_0 — ***полезная работа*** насоса ***въ сек.***, выраженная въ лошадиныхъ силахъ;

N — *полная работа*, которая тратится въ дѣйствительности на приведеніе въ движеніе насоса и всего передаточнаго къ нему механизма;

ж — коэффиціентъ полезнаго дѣйствія насосной установки.

Независимо отъ устройства насоса и отъ природы перекачиваемой жидкости, будемъ всегда имѣть слѣд. р-во:

$$N_0 = Q \,.\, h : 60 \,.\, 75 \quad \ldots \quad \mathbf{1}$$
$$ж = N_0 : N \quad \ldots \quad \mathbf{2}$$
$$N = N_0 : ж \quad \ldots \quad \mathbf{3}$$

Если жидкость накачивается въ закрытый резервуаръ (напр., паровой котелъ), въ которомъ господствуетъ давленіе p въ ***кг.*** на кв. ***мт.***, тогда при перекачкѣ жидкости насосу придется преодолѣвать, кромѣ внѣшней высоты напора h, еще и внутреннюю, равную $p : \gamma$ метровъ, если γ — вѣсъ 1 куб. *мт.* жидкости въ *кг.*, или ея плотность.

4. **Работа, затрачиваемая на приведеніе насоса въ движеніе** всегда значительно болѣе полезной работы насоса, вслѣдствіе существованія вредныхъ сопротивленій, которыя приходится преодолѣвать, проводя жидкость чрезъ насосъ и весь трубопроводъ, а также и вслѣдствіе затраты работы на приведеніе въ движеніе частей передаточнаго механизма, введеннаго между двигателемъ и насосомъ.

*) См. *Журн. Общ. нѣм. инж.* 1892, № 17; чертежъ—на стр. 479, описаніе на стр. 481.

Отношеніе полезной работы насоса N_0 къ работѣ N, затрачиваемой на приведеніе насоса въ движеніе, наз. ***коэффиціентомъ полезнаго дѣйствія насоса*** (см. ф-лу **2**).

Въ различныхъ устройствахъ подъемниковъ для жидкостей величины $\varkappa$ бываютъ весьма разнообразны. Наиболѣе совершенными изъ водоподъемныхъ устройствъ являются такъ называемые ***поршневые насосы*** и ***гидравлическіе тараны*** *). Для нихъ величина $\varkappa$ въ новыхъ устройствахъ бываетъ отъ **0,5** до **0,9,** рѣдко болѣе, а затѣмъ съ теченіемъ времени, по мѣрѣ изнашиванія отвѣтственныхъ частей насоса и др. обстоятельствъ, величина $\varkappa$ можетъ быстро и довольно на много уменьшиться. Въ этомъ отношеніи, если затрата работы и затрата топлива на ея полученіе играютъ видную, первенствующую роль, всегда предпочтительнѣе будетъ употреблять не дешевыя и плохія устройства, а болѣе совершенныя, исполняемыя лучшими заводами, составившими себѣ въ промышленности солидную репутацію по исполненію хорошихъ устройствъ насосовъ.

При перекачкѣ сорныхъ и грязныхъ жидкостей и при малой цѣнности расходуемой энергіи довольствуются часто весьма небольшою величиною коэф. полезнаго дѣйствія. При небольшой подачѣ жидкости нерѣдко примѣняются въ практикѣ въ такихъ случаяхъ особо грубыя устройства насосовъ, всѣ отвѣтственныя металлическія части которыхъ не нуждаются въ излишне аккуратной пригонкѣ и пускаются въ дѣло почти безъ обработки, прямо въ литомъ видѣ, хорошо осмоленныя (насосъ системы ***Fowler*** и друг.). Но при большихъ подачахъ, при непрерывной работѣ и тратѣ цѣнной энергіи примѣняютъ и въ этомъ случаѣ довольно совершенныя механическія устройства **).

5. **Присасываніе жидкости насосомъ.** Какое бы ни было устройство насоса, при его употребленіи весьма часто пользуются возможностью присасыванія жидкости насосомъ, вслѣдствіе существованія атмосфернаго давленія. Чтобы насосъ началъ присасывать жидкость, внутри его *рабочаго пространства* необходимо вызвать разрѣженіе воздуха, затративши на это работу, соотвѣтствующую высотѣ присасыванія. Поэтому не нужно думать, что расположеніе насоса *надъ* уровнемъ жидкости въ нижнемъ резервуарѣ, откуда ее приходится всасывать, можетъ дать по существу дѣла какое-либо ***сокращеніе въ полезной работѣ насоса.*** Ее всегда нужно будетъ высчитывать по ф-лѣ **1** (см. § 3), независимо отъ того, будемъ-ли мы имѣть при насосѣ нѣкоторую высоту всасыванія h_1, или же она будетъ равна нулю.

---

*) Объ условіяхъ возможнаго и выгоднаго примѣненія тарановъ—см. мою статью въ *Технич. Сборн.*, 1892, стр. 409—412; подробный обзоръ конструктивныхъ типовъ тарановъ помѣщенъ въ журналѣ *Revue de mécanique*, 1897, № 2, стр. 159—171.

**) Насосная станція для перекачки канализаціонныхъ водъ въ Берлинѣ, напр., приспособлена для перекачки 890 куб. мт. въ часъ, преодолѣвая рабочій напоръ въ 50 мт. При сдачѣ этой станціи въ 1897 г. были получены слѣд. результаты: расходъ пара на дѣйствительную силу въ часъ 9,77 кг., расходъ каменнаго угля—1,115 кг. при испарительной способности его 8,73 (см. *Журн. Общ. нѣм. инж.* , 1897 г., № 46).

Здѣсь приходится считаться съ парадоксомъ того же самаго порядка, какъ и при устройствѣ турбинъ, работающихъ со всасывающей трубой: механическая работа, отдаваемая такими турбинами на валъ, почти также не зависитъ отъ болѣе или менѣе высокаго расположенія турбиннаго колеса во всасывающей трубѣ; этимъ достигаются только удобства для осмотра и ремонта рабочихъ частей машины.

То же самое и при насосѣ. ***Существованіе высоты присасыванія жидкости насосомъ позволяетъ расположить внѣ жидкости рабочія камеры насоса и органы его, требующіе осмотра и ремонта, но выигрыша въ величинѣ затрачиваемой работы при этомъ не можетъ быть получено,*** если искусственно не вліять на уменьшеніе потеряннаго напора при прохожденіи жидкости чрезъ всасывающую трубу.

Существованіе высоты присасыванія иногда можетъ отражаться на уменьшеніи *затрачиваемой на движеніе насоса работы* N (или расхода топлива) только косвеннымъ образомъ, ***если приходится откачивать жидкость съ большой глубины,*** считаясь при этомъ или съ увеличеніемъ и безъ того большаго вѣса насосныхъ штангъ, приводимыхъ вмѣстѣ насосомъ въ движеніе, или съ увеличеніемъ и безъ того значительной поверхности охлажденія у паровыхъ трубъ, которыя подводятъ паръ къ насосу.

Если же этихъ особыхъ условій нѣтъ, тогда ***безъ надобности не слѣдуетъ прибѣгать къ увеличенію какъ длины всасывающей трубы, такъ и высоты всасыванія,*** потому что съ этимъ бываютъ часто сопряжены различныя практическія неудобства.

6. **Неудобства, возникающія при употребленіи длинной всасывающей трубы,** суть слѣдующія:

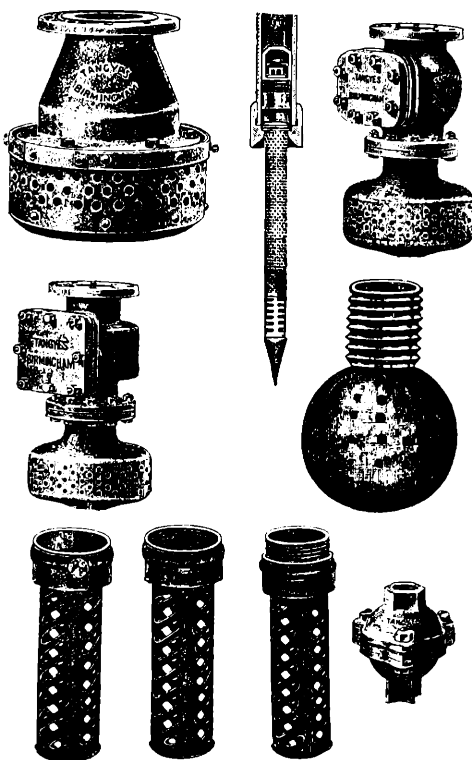
1) Необходимость поддерживать въ безусловно герметичномъ состояніи большое число стыковъ у фляннцевъ или раструбовъ отдѣльныхъ частей всасывающей трубы.

2) Необходимость при пусканіи насоса въ ходъ дѣлать разрѣженіе воздуха не только въ рабочемъ пространствѣ насоса, но также и во всемъ объемѣ всасывающей трубы, что сопровождается всегда нѣкоторой задержкой въ работѣ насоса и затратой излишней работы при каждомъ пусканіи насоса въ ходъ и невыгодно отражается на экономичности работы насоса при частыхъ остановкахъ его, вызываемыхъ иногда естественными условіями работы насоса. Это неудобство отчасти можетъ быть устранено, если на самомъ нижнемъ концѣ всасывающей трубы будетъ поставленъ такъ называемый ***пріемный*** или ***пятовой клапанъ*** *). Тогда передъ пусканіемъ насоса въ ходъ можетъ быть сдѣлана такъ называемая *заливка* всасывающей трубы, т. е. заполненіе рабочаго пространства насоса и всего объема всасывающей трубы той жидкостью,

---

*) Рядъ примѣровъ детальнаго устройства пятовыхъ клапановъ имѣется въ моемъ *Атласѣ насосовъ* на табл. 11 и 5. На прилагаемомъ рисункѣ даны различныя формы наконечниковъ для всасывающихъ трубъ,—съ клапанами и безъ нихъ.

которую будутъ перекачивать, и полное вытѣсненіе воздуха изъ всасывающаго пространства. Но это требуетъ нѣкоторыхъ хлопотъ, требуется также затрата на это времени, а также непремѣнно и затрата извѣстнаго количества качаемой жидкости, поднятой уже на высоту расположенія насоса въ зданіи. Если пятовой клапанъ плохо держитъ жидкость и отчасти пропускаетъ ее обратно во всасывающій резервуаръ, то при болѣе или менѣе продолжительныхъ остановкахъ насоса приходится иногда дѣлать заливаніе длинной всасывающей трубы передъ каждымъ пусканіемъ насоса въ ходъ, что въ извѣстной мѣрѣ хлопотливо и невыгодно. Затѣмъ съ наступленіемъ морозовъ необходимо бываетъ при этомъ передъ каждой продолжительной остановкой насоса опоражнивать также и всасывающую трубу.



3) Необходимость считаться съ живой силой движущагося потока жидкости во всасывающей трубѣ. Если всасываніе жидкости насосомъ не происходитъ непрерывно и съ постоянной скоростью, то живая сила названнаго потока при каждомъ внезапномъ измѣненіи скорости движенія его производитъ удары, сотрясенія, а иногда и поломку частей насоса. Для устраненія этого неудобства при длинныхъ всасывающихъ трубахъ и при большихъ высотахъ всасыванія ставятъ между рабочимъ пространствомъ насоса и его всасывающею трубою такъ называемый ***всасывающій колпакъ***, т. е. резервуаръ, содержащій въ себѣ запасъ качаемой жидкости вблизи рабочаго пространства насоса. Когда въ послѣднемъ дѣлается разрѣженіе, жидкость свободно переходитъ въ него изъ всасывающаго колпака, и на этомъ короткомъ пути не происходитъ тогда замѣтнаго развитія живой силы потока даже и при быстрой работѣ насоса, а также и при раздѣленіи двухъ послѣдующихъ періодовъ всасыванія промежутками времени. Заполненіе всасывающаго колпака качаемой жидкостью дѣлается при этомъ каждый разъ автоматически.

7. **Высота присасыванія жидкости насосомъ** — h_1 назначается такимъ образомъ, чтобы рабочее пространство насоса и органы его, требующіе періодическаго осмотра и ремонта, были расположены удобно и никогда не заливались жидкостью снаружи.

Насколько это возможно, высоту h_1 всегда уменьшаютъ, а равно и длину всасывающей трубы.

Если уровень всасываемой жидкости непостоянень, или условія передачи работы къ насосу таковы, что необходимо бываеть остановиться на возможно большей допускаемой практически высотѣ присасыванія, тогда берутъ:

для воды h_1 не болѣе 7 мт. (10 арш. или 23 фут.)
» нефти » » 4,5 мт. (6,5 арш. или 15 фут.).

Длина всасывающей трубы въ исключительныхъ случаяхъ встрѣчается въ существующихъ устройствахъ довольно значительная, напр., до 300 мт. (150 саж.) при h_1 около 2 мт. (или 1 саж.) для воды.

Когда приходится качать жидкости подогрѣтыя, выдѣляющія при разрѣженіи воздуха свои пары, или жидкости очень густыя, мало подвижныя, тогда совсѣмъ почти не разсчитываютъ на возможность работы насоса присасываніемъ, а обезпечиваютъ подходъ жидкости къ рабочей камерѣ насоса ***самотекомъ.*** Такъ поступаютъ, напр., при выкачиваніи воды (35 — 40° Ц.) изъ конденсатора паровой машины ***воздушнымъ*** или ***горячимъ насосомъ,*** при перекачкѣ ***нефтяныхъ остатковъ*** (40—60° Ц.) по длиннымъ трубопроводамъ и т. п.

Во многихъ случаяхъ практики ***высота присасыванія жидкости является перемѣнною.*** Напр., веснею болѣе или менѣе заплываетъ всасывающую трубу, мѣстами то же самое дѣлается и послѣ очень большого ливня. Но бываютъ и обратные случаи, т. е. увеличеніе высоты присасыванія, напр., въ шахтномъ дѣлѣ, по мѣрѣ углубленія дна колодца, изъ котораго дѣлается откачка. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ всасывающая труба дѣлается иногда ***раздвижною*** съ герметичными сальниками; при каждомъ подобномъ увеличеніи высоты h_1 нѣсколько понижаютъ скорость работы насоса, а затѣмъ при 1-й возможности онъ весь переставливается ниже.

8. **Главные виды насосовъ.** Заставить атмосферное давленіе принять участіе въ подъемѣ жидкости возможно весьма различными способами:

а) При помощи непрерывной затраты живой силы, запасъ которой сконцентрированъ въ жидкой или газообразной струѣ, можно установить въ рабочемъ пространствѣ насоса или непрерывное, или періодическое разрѣженіе воздуха и, воспользовавшись имъ, производить непрерывный же или періодическій подъемъ жидкости въ трубѣ на данную высоту. На этомъ основано устройство ***инжекторовъ, водоструйныхъ насосовъ, гидравлическихъ тарановъ, пульзометровъ*** *) и т. п. приборовъ.

б) Запасъ механической энергіи, скрытой въ сжатомъ воздухѣ, можно расходовать на уменьшеніе вѣса столба жидкости въ подъемной трубѣ и тѣмъ самымъ вызывать въ ней подъемъ жидкости при содѣйствіи атмосфернаго давленія. На этомъ основано устройство водоподъемника

*) Изобрѣтеніе тарана приписывается французу *Mongolfier* (1797 г.), а изобрѣтеніе пульзометра—американцу *Hall* (1871 г.).

„Мамутъ“, не имѣющаго никакихъ движущихся частей въ соприкосновеніи съ жидкостью *).

в) Запасъ механической энергіи, скрытой въ сжатомъ воздухѣ, можно расходовать и на воспроизведеніе непосредственнаго давленія воздуха на свободный уровень жидкости въ закрытомъ резервуарѣ; тогда заключенную въ немъ жидкость можно заставить подниматься по трубѣ, берущей свое начало вблизи дна резервуара, лучше всего изъ особаго ***кармана***, расположеннаго ниже дна резервуара. На этомъ основано устройство ***монтежю*** **) и т. п. подъемниковъ, употребляемыхъ въ различныхъ химическихъ производствахъ для перекачиванія кислотъ и щелочей съ соблюденіемъ того условія, чтобы поднимаемая жидкость не соприкасалась ни съ какими перемѣщающимися частями механизмовъ ***).

г) Дѣлая разрѣженіе воздуха въ подъемной трубѣ, изогнутой колѣномъ, можно заставить жидкость работать ***сифономъ*** и подниматься на высоту, не превосходящую высоты атмосфернаго столба; при этомъ опять будетъ полученъ подъемникъ, въ которомъ поднимаемая жидкость не будетъ соприкасаться ни съ какими движущимися частями механизма. Эта идея послужила основаніемъ устройства подъемниковъ для расплавленныхъ металловъ ****) и различныхъ ѣдкихъ жидкостей *****).

Принципъ дѣйствія такихъ подъемниковъ былъ извѣстенъ еще ***Герону Александрійскому***. Одинъ изъ большихъ водоподъемниковъ этого рода и до сихъ поръ работаетъ въ Базелѣ (Швейцарія).

д) Дѣлая разрѣженіе воздуха въ замкнутомъ пространствѣ путемъ развитія центробѣжной силы на лопаткахъ непрерывно вращающагося въ этомъ пространствѣ колеса, получимъ подъемникъ въ видѣ ***центробѣжнаго*** или ***лопаточного насоса***, изобрѣтеннаго **Demour**'омъ въ 1732 г.

---

*) См. данныя относительно устройства и работы этихъ водоподъемниковъ въ статьѣ инж.-мех. Г. Ю. Миттельштедта, помѣщенной въ *Бюллетеняхъ Политехническаго Общ.* 1897 г., № 5,—*„О пневматическомъ элеваторѣ Мамутъ въ примѣненіи его для подъема воды изъ артезіанскихъ колодцевъ“*; затѣмъ въ *Журн Общ. нѣм. инж.* 1898, № 36,—коэф. полезн. дѣйствія 0,11—0,44. Въ Америкѣ эти водоподъемники извѣстны подъ именемъ насосовъ *Pohlé* (см. *Engineering* 1894, *juin* 1—8, *juil.* 13); они особенно распространены въ *Newark*, *New Jersey*, *Colorado*, *Georgetown*, гдѣ съ помощію ихъ качаются многіе милліоны галлоновъ въ сутки; высота подъема воды достигаетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ до 250 фут. Въ журн. *Engineering News* за 1896 и 97 гг. помѣщенъ рядъ описаній крупныхъ установокъ съ этими насосами и опытовъ съ ними (за 1896, янв. 9, февр. 20; за 1897 г. марта 4, апр. 22, мая 6): одна изъ установокъ на 750 тысячъ ведеръ въ сутки, другая на 1.350.000 вед.; глубина залеганія водоносныхъ слоевъ въ артезіанскихъ скважинахъ показана = отъ 400 до 600 фут.; діаметръ скважинъ чаще всего 4 или 6 дм.

**) Съ примѣрами раціональнаго и нераціональнаго (опаснаго) устройства монтежю можно познакомиться по статьѣ профессора М. П. Прокунина—*„Охрана рабочихъ отъ вреднаго вліянія производствъ сѣрной кислоты и друг.“*, напечатанной въ *Бюллетеняхъ Политехническаго Общ.* за 1895—96 гг., № 2, стр. 48.

***) Всѣ такіе подъемники строятся на принципѣ *Геронова фонтана*; примѣненіе этого принципа къ устройству большихъ водоподъемниковъ находимъ въ шахтахъ бл. *Шемница* (Венгрія), гдѣ сжатіе воздуха и откачка воды дѣлаются безъ всякихъ движущихся механизмовъ, исключительно за счетъ расхода воды изъ небольшого источника, расположеннаго выше напорнаго резервуара.

****) См. *Журналъ Общества нѣм. инж.* 1889 г., № 20, статья подъ названіемъ *Bleipumpe*.

*****) Тамъ же, 1889 г., № 35, статья подъ заглавіемъ *Säureheber*.

Жидкость имѣетъ здѣсь соприкосновеніе съ вращающимися частями насоса, но встрѣчаетъ настолько свободные проходы между лопатками колеса, что работѣ насоса сравнительно мало вредитъ и присутствіе въ жидкости различныхъ механическихъ примѣсей въ видѣ ила, песку, мелкихъ щепокъ, дубильнаго корья и т. п.

e) Измѣненіе объема рабочей камеры насоса и присасываніе въ нее жидкости можно дѣлать наконецъ еще и другимъ механическимъ способомъ, а именно—***выдвигая*** изъ замкнутаго пространства рабочей камеры какое-либо тѣло и не нарушая при этомъ герметичнаго замыканія камеры. Съ остовомъ рабочей камеры насоса выдвигаемое изъ нея тѣло, называемое ***поршнемъ***, можетъ быть соединено въ видѣ пары ***поступательной***, ***вращательной*** и ***винтовой*** *). Подъемникамъ, устройство которыхъ основано на этомъ принципѣ, присвоено названіе ***поршневыхъ насосовъ***.

Изъ всѣхъ перечисленныхъ выше, принципіально различныхъ по своему устройству, подъемниковъ главное распространеніе въ практикѣ получили ***поршневые насосы***, и особенно для перекачки такихъ жидкостей, которыя не отличаются ни химическимъ, ни механическимъ особенно вреднымъ воздѣйствіемъ на рабочія части поршневого насоса, находящіяся въ движеніи.

Изъ всѣхъ разновидностей поршневыхъ насосовъ особенно практичными, въ смыслѣ дешевизны и удобства выполненія ихъ и ремонта, оказались насосы ***съ поступательнымъ движеніемъ поршня*** **), а изъ нихъ такіе, въ которыхъ элементы поступательной пары выполнены въ видѣ круглыхъ цилиндровъ ***), выпуклыхъ и вогнутыхъ, легко получаемыхъ на станкѣ обточкою.

9. **Поршневые насосы**. Рабочей камерѣ поршневого насоса въ первоначальномъ его устройствѣ придавалась форма цилиндра *K*, открытаго сверху и снабженнаго дномъ снизу **(фиг. 1)**; въ этомъ цилиндрѣ заставляли ходить вверхъ и внизъ герметически притертую къ нему перегородку или ***поршень*** *L*: съ дномъ цилиндра можно было герметически соединить двѣ трубки *A* и *B* съ кранами на нихъ: одну изъ нихъ *A* можно было соединить съ нижнимъ резервуаромъ, изъ котораго должно происходить присасываніе жидкости, — будемъ называть эту трубку ***всасывающею***; другую же трубку *B* можно было соединить съ верхнимъ резервуаромъ

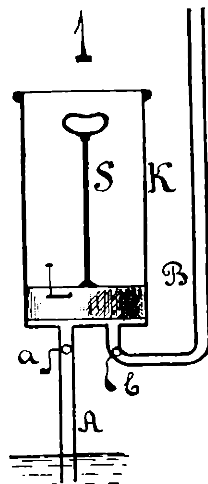
---

*) Описаніе насоса съ винтовымъ движеніемъ поршня безъ клапановъ—см. *Технич. Сборн.* 1891 г., № 2, стр. 54; *Горный Журн.*, 1892, № 7, стр. 6.

**) Изобрѣтеніе такого насоса приписывается греку *Ктезибіусу* (за 150 л. до Р. Х.), ученику знаменитаго *Герона Александрійскаго*, а изобрѣтеніе насосовъ съ круговымъ (качательнымъ и непрерывно вращательнымъ) движеніемъ поршня послѣдовало только въ XVII вѣкѣ. Наиболѣе удачное изображеніе насоса *Ктезибіуса* желающіе найдутъ въ сочиненіи *Ewbank—Hydraulics & Mecanics*, 1876, *pg.* 267. Тамъ же находятся и другія подробныя и крайне интересныя историческія свѣдѣнія, касающіяся насосовъ вообще, а также и водоподъемниковъ, которые были въ употребленіи у древнихъ народовъ.

***) Не далѣе, какъ въ 1780 г., въ Голландіи, при осушкѣ озеръ англійскими паровыми водоотливными машинами *Smeaton*, ставились насосы съ квадратными поршнями и соотвѣтственнымъ сѣченіемъ насоснаго цилиндра (*Thurston*).

для подачи въ него жидкости изъ рабочаго цилиндра насоса,—будемъ называть эту трубку *нагнетательною* или *напорною*. Представимъ себѣ сначала поршень L въ самомъ нижнемъ его положеніи и краны a и b закрытыми. Затѣмъ откроемъ кранъ a и потянемъ поршень за стержень или тягу S кверху; тогда, при начавшемся движеніи поршня, во всасывающей трубѣ A и въ рабочемъ пространствѣ цилиндра (подъ поршнемъ) будетъ происходить разрѣженіе воздуха, вслѣдствіе чего жидкость давленіемъ атмосферы на ея свободную поверхность въ нижнемъ резервуарѣ будетъ поднята по трубѣ A въ цилиндръ. Когда поршень будетъ въ его верхнемъ положеніи, закроемъ кранъ a и откроемъ b. Послѣ этого при нисходящемъ движеніи поршня жидкость изъ цилиндра можно перемѣстить въ нагнетательную трубу B и поставить поршень въ самое нижнее его положеніе въ цилиндрѣ. Потомъ опять нужно будетъ закрыть кранъ b и открыть a и повторить присасываніе жидкости и т. д.



Въ разсмотрѣнномъ устройствѣ насоса поршень долженъ былъ имѣть прямолинейное возвратное движеніе. Съ кинематической точки зрѣнія вполнѣ возможно было бы дать поршню и такой видъ перегородки въ цилиндрѣ, чтобы она была расположена вдоль оси цилиндра; тогда нужно будетъ имѣть у цилиндра оба дна, нужно имѣть герметичную приладку поршня сразу ко всѣмъ стѣнкамъ цилиндра, т. е. не только на его цилиндрической поверхности, но также и къ обоимъ плоскимъ днищамъ; затѣмъ нужно имѣть въ цилиндрѣ по крайней мѣрѣ еще одну продольную неподвижную перегородку и заставить поршень совершать въ цилиндрѣ возвратное круговое движеніе около геометрической оси цилиндра *). Достиженіе герметичности поршня, а главное—поддержаніе ея на долгое время, при этой системѣ гораздо болѣе затруднительно, а потому подобные насосы и выполняются сравнительно рѣдко, большею частью для работы отъ руки или отъ привода при подачѣ небольшого количества жидкости и на небольшую высоту. Главное же распространеніе въ практикѣ получили поршневые насосы 1-го типа (фиг. 1), т. е. съ поршнемъ въ видѣ поперечной перегородки въ цилиндрѣ, имѣющей прямолинейное возвратное движеніе. Приладка такого поршня къ цилиндру и поддержаніе герметичнаго соединенія между ними достигается съ гораздо меньшими трудностями, чѣмъ при качающемся поршнѣ въ видѣ продольной перегородки. Поэтому въ дальнѣйшемъ, говоря о

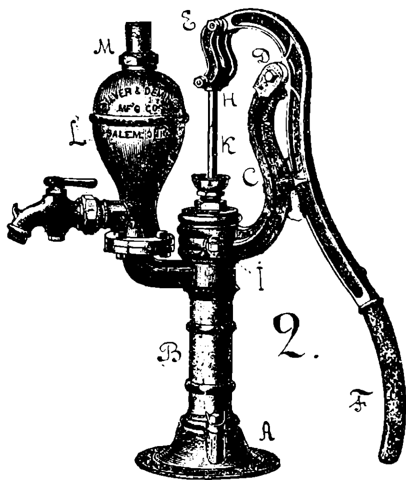
*) Детальное устройство подобнаго насоса—см. въ моемъ *Атласѣ насосовъ* на табл. 71 (система *Альвейлера*). Дальнѣйшее усовершенствованіе этой системы, сдѣланное *Абрагамсономъ*—см. въ *Журналѣ Общ. нѣмецк. инженеровъ* за 1892 г., № 35, стран. 1021.

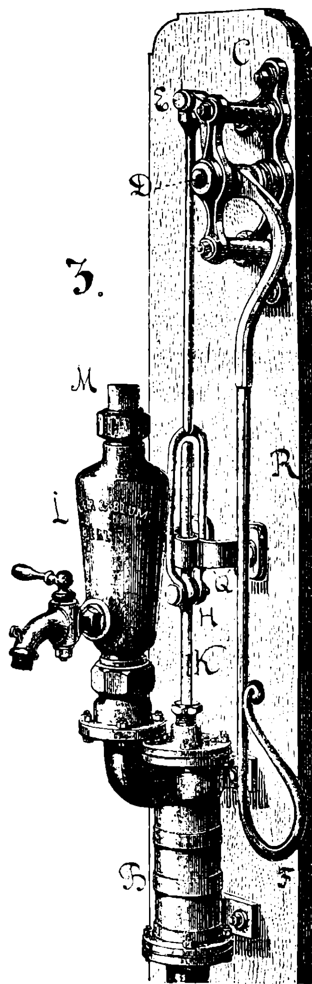
Оригинальное и простое устройство насоса съ вращательнымъ движеніемъ поршня въ видѣ гладкаго цилиндра, на которомъ въ 2 разныя стороны нарѣзаны винтовыя дорожки, можно видѣть въ *Журн. Общ. нѣм. инж.* 1885, № 17. стр. 334.

поршневыхъ насосахъ, мы будемъ имѣть въ виду исключительно насосы 1-го типа (фиг. 1).

Краны *a* и *b* въ такихъ насосахъ съ удобствомъ могутъ быть замѣнены автоматически дѣйствующими ***заслонками*** или ***клапанами;*** раскрытіе и закрытіе ихъ происходитъ тогда само собою, вслѣдствіе существованія разности давленій на обѣ стороны клапана при каждомъ переходѣ отъ періода всасыванія къ періоду нагнетанія и наоборотъ.

10. **Приведеніе въ движеніе поршневыхъ насосовъ** дѣлается или отъ руки, или отъ фабричнаго приводнаго вала, или непосредственно отъ двигателя той или другой системы. Сообразно съ этимъ различаютъ насосы ***ручные***, ***приводные*** и ***моторные***, разумѣя въ послѣднемъ случаѣ такіе насосы, которые приводятся въ дѣйствіе или паровой силой, или отъ водяного колеса, отъ турбины, отъ водостолбовой машины, отъ газоваго, керосиноваго, бензиноваго или калорическаго двигателя, отъ электромотора, отъ вѣтряного двигателя, отъ коннаго привода и т. п.





Ручные насосы приводятся въ дѣйствіе: 1) или качаніемъ рычага, коромысла *), 2) или непрерывнымъ вращеніемъ рукоятки, маховика.

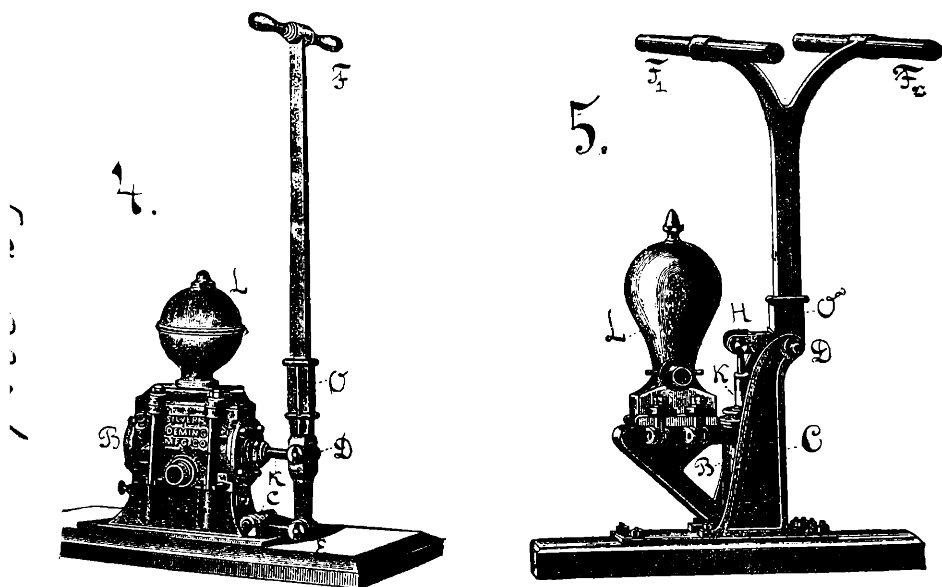
На **фиг. 2** представленъ простѣйшій примѣръ ручной передачи къ насосу, поставленном на основной плитѣ ***A*** надъ колодцемъ: ***B***—цилиндръ, *C* — опорная дуга, дающая въ ***D*** ось вращенія коромыслу ***EF***; нижній конецъ дуги имѣетъ видъ стяжного хомута, охватывающаго верхнюю наружную точеную часть (шейку) у цилиндра; затягивая хо-

---

*) Удивительные по своей примитивности и нераціональности ручные коромысловые приводы и до сихъ поръ еще можно встрѣтить на волжскихъ нефтяныхъ баржахъ, снабжающихъ пароходы мазутомъ.

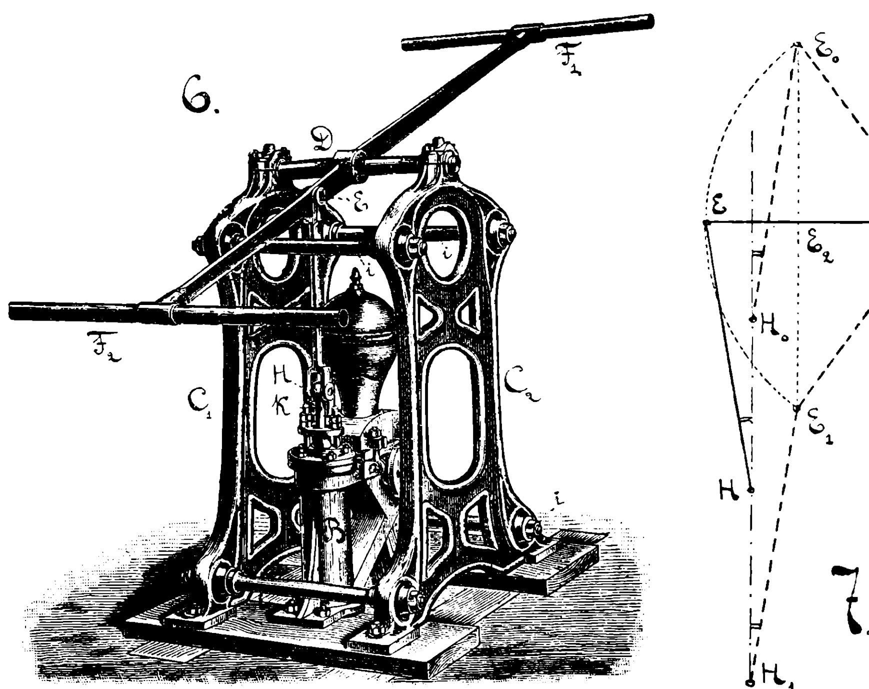
муть дуги *C* стяжнымъ болтомъ *I*, можно передачу къ насосу установить въ любомъ положенiи относительно цилиндра; *HE* — двѣ серьги одинаковой длины; шарнирными болтами серьги соединены съ верхнимъ концомъ *E* коромысла и съ головкою поршневого стержня *K*; вода изъ насоса поступаетъ сначала въ нагнетательный воздушный колпакъ *L* и сжимаетъ заключенный въ немъ воздухъ, который своей упругостью гонитъ воду далѣе въ подъемную трубу *M*; послѣдняя до нижняго фланца у колпака не доходитъ.

На **фиг. 3** изображено расположенiе ручной передачи къ насосу, который будетъ укрѣпленъ къ стѣнѣ. Всѣ части насоса и передачи собраны на доскѣ *R*. Для поддержки оси *D* коромысла, къ доскѣ укрѣплена прочная рамка *C*. Вмѣсто серегъ здѣсь имѣется довольно длинный шатунъ *HE*. Для поршневого стержня *K* поставлена особая направляющая *Q*. Соотвѣтственныя части насоса названы тѣми же буквами, какъ и на фиг. 2.



На **фиг. 4** дано изображенiе ручной передачи, когда рукоятка рычага помѣщается значительно выше насоса: рычагъ *EF* соединенъ шарнирно съ поршневымъ стержнемъ *K* и двумя серьгами *CE*. Такое устройство передачи нельзя назвать рацiональнымъ: даже опытный рабочiй не можетъ качать воду насосомъ съ подобной передачей, не вызывая прогиба поршневого стержня кверху или книзу. Этого не случилось бы только тогда, когда усилiе на рукоять *F* передавалось бы все время строго параллельно оси насоснаго цилиндра, но практически это совсѣмъ недостижимо. Поэтому въ насосѣ съ такой ***неудачной*** передачей всегда будетъ существовать еще добавочное изнашиванiе цилиндра поршнемъ и сальника стержнемъ *K*, независимо отъ природы перекачиваемой жидкости, а только благодаря нерацiональности передаточнаго механизма.

На **фиг. 5** имѣемъ другой типъ подобной же передачи, но здѣсь указанный выше недостатокъ передаточнаго механизма устраненъ: косыя давленія, которыя передаются на коромысло F_1F_2 воспринимаются осью D, покоющейся на неподвижной подставкѣ C. Въ обоихъ послѣднихъ примѣрахъ ручной передачи рычагъ F (фиг. 4) или коромысло F_1F_2 сдѣланы вставными во втулку O передаточнаго механизма, и когда не желаютъ, чтобы насосъ приводили въ дѣйствіе въ отсутствіи лицъ, спеціально приставленныхъ къ нему, эти части F просто удаляютъ.

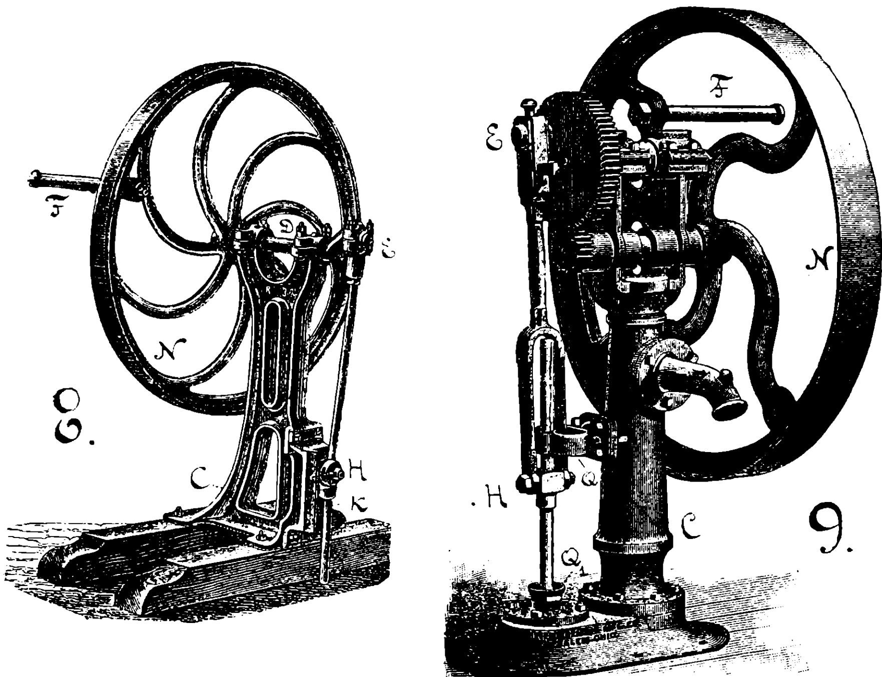


На **фиг. 6** представлено устройство ручной передачи съ коромысломъ для болѣе сильныхъ насосовъ, которые требуютъ для перекачки жидкости одновременнаго участія въ работѣ нѣсколькихъ человѣкъ. Соотвѣтственныя части насоса обозначены тѣми же буквами, какъ и на предыдущихъ фиг. 2—5: C_1C_2— двѣ прочныя чугунныя рамы, скрѣпленныя въ одно цѣлое 4-мя распорными болтами ii; послѣ стяжки рамъ сдѣлано развсверливаніе подшипниковъ для оси D, на которой раскачивается коромысло. Остальныя подробности устройства передачи тѣ же, что и въ предыдущихъ случаяхъ.

Принципъ правильной установки ручной передачи коромысломъ или рычагомъ къ насосу разъясняетъ **фиг. 7**: E — среднее положеніе у коромысла его шарнирнаго болта, передающаго давленіе серьгѣ или шатуну HE; H_0H_1 — направленіе геометрической оси цилиндра, H_0E_0 и H_1E_1 — два крайнихъ положенія серьги. При правильной установкѣ частей передачи направленіе H_0H_1 должно дѣлить пополамъ стрѣлку

EE_2 дуги описываемой болтомъ E коромысла. Наибольшіе углы отклоненія оси шатуна отъ оси цилиндра по обѣ стороны отъ нея будутъ при этомъ одинаковы.

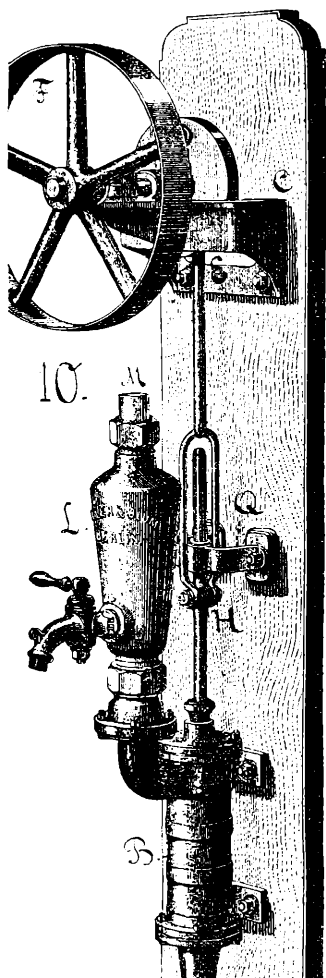
При всѣхъ описанныхъ выше способахъ приведенія въ движеніе насоснаго поршня (фиг. 2—6) величина размаха поршня можетъ быть и болѣе и менѣе, ограниченъ только ея *max*, такъ что и количество подаваемой насосомъ жидкости при одинаковомъ числѣ качаній поршня здѣсь можетъ получаться далеко не одинаковымъ. Этого не бываетъ, когда насосъ приводится въ дѣйствіе шатуннымъ механизмомъ при непрерывномъ вращеніи рукояти или маховика.



На **фиг. 8** имѣемъ весьма простое устройство станка съ опредѣленной величиной размаха для поршня: C — неподвижная чугунная рама съ 4-мя фундаментными болтами; вверху она даетъ опору валу D въ 2 подушкахъ; N — маховикъ, F — его рукоятка; E — кривошипъ, откованный въ одномъ цѣломъ съ валомъ; HE—шатунъ; H—ползунъ съ направляющей для него, привернутой къ рамѣ C; K—поршневой стержень.

На **фиг. 9** изображена другая конструкція станка, снабженнаго зубчатой передачей и приспособленнаго для подъема жидкости на болѣе значительную высоту. Оба вала покоятся на подушкахъ, отлитыхъ въ одномъ цѣломъ съ колонной, въ которую поступаетъ вода изъ колодца. Опоры нижняго вала, слабѣе нагруженнаго,—безъ вкладышей, въ видѣ простой расточки во втулкахъ; подушки верхняго вала съ вкладышами и крышками. Кривошипъ здѣсь замѣненъ дискомъ большого зубчатаго колеса и пальцемъ E. У поршневаго стержня двѣ направляющія — Q и Q_1.

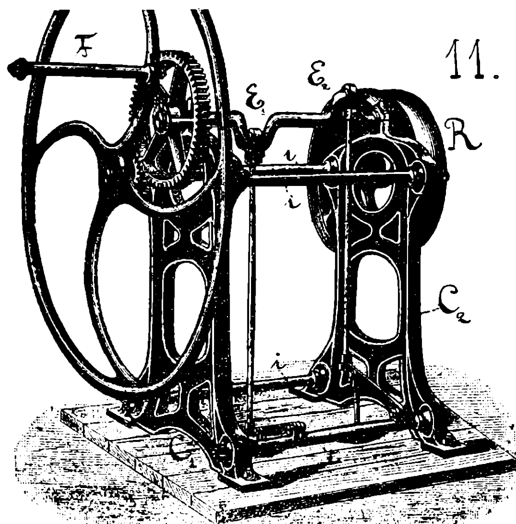
На **фиг. 10** показанъ простѣйшій примѣръ передачи отъ заводскаго приводнаго вала къ настѣнному насосу посредствомъ шкива F и колѣнчатаго вала E, получающаго опору въ подушкахъ рамы C.

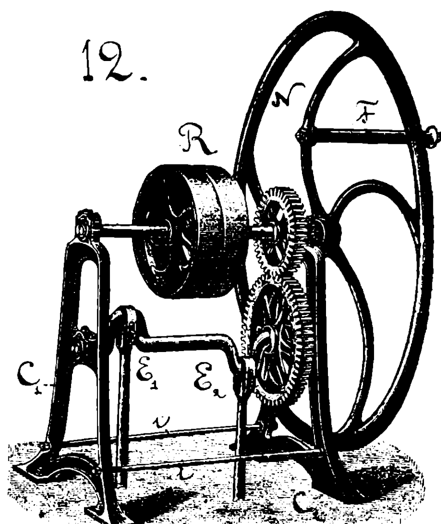


Весьма часто примѣняются станки для смѣшанной передачи—и отъ руки и отъ привода. Пару такихъ станковъ имѣемъ изображенными на **фиг. 11** и **12**. Здѣсь F—рукоятка для ручной передачи, N—маховикъ (съ діам. до 1.5 мт.): E_1E_2—двухколѣнчатый валъ; между нимъ и валомъ маховика введена зубчатая передача; R—коренной и холостой шкивы; C_1C_2—щиты, скрѣпленные одинъ съ другимъ стягивающими и распирающими болтами *ii*.

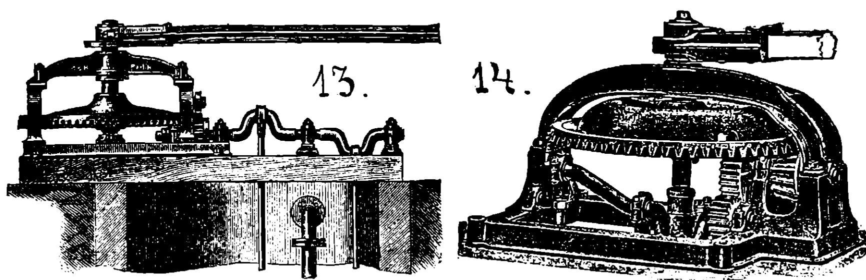
На фиг. 12 изображенъ станокъ съ болѣе легкими щитами, которые стянуты только 2-мя болтами *ii* внизу: верхняя часть щитовъ стягивается и распирается между заплечиками шиповъ у обоихъ валовъ. На фиг. 11 имѣемъ болѣе сильный станокъ: массивные щиты его стянуты 4-мя болтами *ii*. Коренной шкивъ посаженъ внѣ щитовъ, непосредственно возлѣ щита C_2. Діаметры шкивовъ у такихъ станковъ встрѣчаются отъ 400 до 800 мм. (отъ 16 до 32 дм.).

На **фиг. 13** и **14** представлены 2 типа передачъ отъ коннаго привода къ насосамъ: на фиг. 13—съ одной зубчатой передачей и двухколѣнчатымъ валомъ, расположеннымъ





внѣ рамы коннаго привода; на фиг. 14 — съ двумя зубчатыми передачами и трехколѣнчатымъ валомъ, работающимъ внутри общей рамы коннаго привода.



Примѣры другихъ передачъ къ насосамъ отъ другихъ различныхъ двигателей будутъ описаны далѣе, а здѣсь отмѣтимъ только, что, если число оборотовъ двигателя не совпадаетъ съ таковымъ же у насоса, между ними вводятся различные передаточные механизмы,—въ видѣ зубчатыхъ колесъ, фрикціонныхъ, ременной передачи или канатной.

Если у двигателя и насоса одинаковое число оборотовъ, но различна величина размаха у поршней или вообще частей шатуннаго механизма, тогда между насосомъ и двигателемъ вводятъ промежуточныя передачи въ видѣ коромысловъ и рычаговъ (прямыхъ и колѣнчатыхъ).

Наконецъ въ случаѣ одинаковости размаха поршней и числа ихъ оборотовъ въ минуту какъ у двигателя, такъ и у насоса, они могутъ быть спарены непосредственно.

11. **Неравномѣрность движенія насоснаго поршня** имѣетъ мѣсто какъ при восприятіи движенія отъ качающагося коромысла, такъ и отъ шатуннаго механизма. Въ обоихъ случаяхъ эта неравномѣрность является совершенно естественною и отчасти необходимою, такъ какъ поршень долженъ имѣть прямолинейное возвратное движеніе, и въ концѣ каждаго размаха скорость поршня должна быть равна нулю.

Чаще всего приходится передавать поршню движеніе отъ шатуннаго механизма. Изслѣдуемъ поэтому вопросъ объ измѣненіи скорости поршня при равномѣрномъ вращеніи кривошипа.

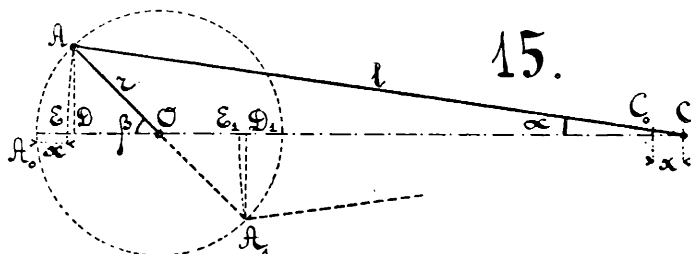


Схема передачи изображена на **фиг. 15**: O — центръ вала, AO — кривошипъ длиною r, AC — шатунъ длиною l, OC — направленіе оси насоснаго цилиндра, C — положеніе центра ползуннаго болта въ то

время, когда кривошипъ дѣлаетъ съ осью цилиндра уголъ β; A_0 — лѣвая мертвая точка шатуннаго механизма.

Если отложимъ $A_0C_0 = AC = l$, тогда C_0 будетъ крайнее лѣвое положеніе центра ползуннаго болта, а $CC_0 = x$ будетъ путь, описанный поршнемъ соотвѣтственно перемѣщенію кривошипа на уголъ β.

Опишемъ дугу AE изъ центра C радіусомъ l и проведемъ $AD \perp OC$, тогда

$$A_0E = x = A_0D \mp DE, \quad \text{или}$$

$$x = r(1 - Cos\,\beta) \mp l(1 - Cos\,\alpha). \qquad . \; \mathbf{4}.$$

Знакъ минусъ въ этой ф-лѣ придется брать, пока центръ A пальца кривошипа проходитъ верхнюю полуокружность, а плюсъ — на нижней полуокружности (напр., для положенія кривошипа OA_1 на фиг. 15). По чертежу имѣемъ:

$$AD = r\,.\,Sin\,\beta = l\,.\,Sin\,\alpha, \quad \text{или} \quad Sin\,\alpha = \frac{r}{l} \cdot Sin\,\beta, \quad \text{откуда}$$

$$Cos\,\alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l} \cdot Sin\,\beta\right)^2} = 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{r}{l} \cdot Sin\,\beta\right)^2 - \frac{1}{8}\left(\frac{r}{l} \cdot Sin\,\beta\right)^4 \cdots\cdots$$

При наибольшемъ значеніи $Sin\,\beta$, равномъ 1, второй и третій члены будутъ таковы:

При $l:r$ =	5	4	3
$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot Sin\,\beta\right)^2 =$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{18}$
$\frac{1}{8} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot Sin\,\beta\right)^4 =$	$\frac{1}{5000}$	$\frac{1}{2048}$	$\frac{1}{648}$

Данныя этой таблички показываютъ, что даже при небольшомъ отношеніи $l:r$ и при максимальномъ значеніи $Sin\,\beta$ величина $Cos\,\alpha$ отличается отъ *1* менѣе, чѣмъ на 5%, а при $l:r = 5$ разница между ними достигаетъ едва лишь 2%. На основаніи этихъ соображеній ф-лу **4** можно писать въ упрощенномъ видѣ такъ:

$$x = r\,.\,(1 - Cos\,\beta) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; \mathbf{5}.$$

Для полученія скорости v перемѣщенія поршня возьмемъ 1-ю производную отъ x по времени t и замѣтимъ, что угловая скорость вращенія кривошипа будетъ $\omega = \frac{d\beta}{dt}$, поэтому:

$$v = \frac{dx}{dt} = r\,.\,\omega\,.\,Sin\,\beta \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; \mathbf{6}.$$

Въ ф-лѣ **6** коэф. $r\omega$ представляетъ собою равномѣрную скорость вращенія кривошипа, и самая ф-ла **6** показываетъ намъ, что *при равно-*

мѣрномъ вращеніи кривошипа скорость движенія насоснаго поршня будетъ измѣняться все время, какъ соотвѣтственныя ординаты синуссоиды.

12. **Неравномѣрность подачи жидкости насоснымъ поршнемъ** является естественнымъ послѣдствіемъ непрерывнаго измѣненія скорости поршня. Пусть обозначаютъ:

F — площадь поршня,

q — объемъ, описываемый поршнемъ при полномъ его размахѣ $2r$,

dq — безконечно малый объемъ, описываемый поршнемъ въ промежутокъ времени dt; тогда

$$dq = F \, . \, dx = F \, . \, Sin \beta \, . \, r \, . \, d\beta \quad . \quad . \; . \; . \; . \; . \quad 7$$

$$q = \int_0^{\pi} F \, . \, r \, . \, Sin \beta \, . \, d\beta = F \, . \, 2r \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 8,$$

т. е. допущенная нами погрѣшность при вычисленіи скорости поршня по ф-лѣ **5** вмѣсто ф-лы **4** нисколько не отражается на окончательномъ результатѣ вычисленія полнаго объема жидкости, перемѣщенной поршнемъ насоса при полномъ его размахѣ $2r$.

Интегралъ, выражаемый ф-лой **8**, весьма просто можетъ быть построенъ графически въ видѣ площади, ограниченной нѣкоторой синуссоидой (**фиг. 16**). Для этого въ одномъ изъ квадрантовъ въ произвольномъ масштабѣ проведемъ четверть окружности A_0A_4 и примемъ, что ея радіусъ графически выражаетъ величину F. На продолженіи OA_0 также въ произвольномъ масштабѣ откладываемъ длину a_0b_0, условно принимаемую нами за $\pi \, . \, r$, т. е. длину полуокружности, описываемой пальцемъ кривошипа. Затѣмъ дугу A_0A_4 дѣлимъ на 4 части, а длину a_0b_0 на 8 частей. Проведеніемъ чрезъ намѣченныя точки дѣленія соотвѣтственныхъ горизонталей и вертикалей получимъ точки $a_0a_1a_2a_3a_4 \ldots b_0$, принадлежащія синосуоидѣ. Для произвольнаго угла β имѣемъ:

$$a_0b_2 = r \, . \, \beta \, ; \qquad a_2b_2 = F \, . \, Sin \beta .$$

Если параллельно линіи a_2b_2 провести другую, отстоящую отъ нея на разстояніе $r \, . \, d\beta$, тогда элементарная площадь, прилегающая къ вертикали a_2b_2 будетъ, очевидно, представлять графически величину dq.

вычисляемую по ф-лѣ **7**, а потому вся площадь, ограниченная синуссоидой $a_0a_4b_0$, будетъ выражать объемъ q, описываемый поршнемъ при полномъ его размахѣ.

Построенная кривая $a_0a_4b_0$ графически изображаетъ намъ за время одного размаха поршня законъ измѣненія объемовъ жидкости, перемѣщаемыхъ поршнемъ какъ въ цилиндрѣ насоса, такъ равно и въ трубахъ его — всасывающей и нагнетающей.

Сравненіе ф-лъ **6** и **7** приводитъ насъ къ такому заключенію, что, если не обращать вниманіе на масштабъ абсциссъ и ординатъ при построеніи синуссоиды $a_0a_4b_0$ (фиг. 16), то эта же самая кривая можетъ дать представленіе также и объ относительномъ измѣненіи скорости жидкости при движеніи ея въ цилиндрѣ насоса и его трубахъ, а потому такая кривая можетъ быть названа ***графикомъ измѣненія объемовъ жидкости и скоростей ея*** при проходѣ чрезъ рабочее пространство насоса. Короче мы будемъ называть кривую $a_0a_4b_0$ (фиг. 16) ***графикомъ объемовъ и скоростей.***

Если бы на линіи a_0b_0 (фиг. 16), какъ на основаніи, была построена площадь прямоугольника, равновеликая площади графика, тогда высота этого прямоугольника y опредѣлялась бы изъ равенства:

$$q = F \cdot 2r = y \cdot \pi \cdot r, \quad \text{или} \quad y = \frac{2F}{\pi} \quad . \quad . \qquad . \quad \mathbf{9}.$$

13. **Средняя и максимальная скорости движенія жидкости** въ рабочемъ пространствѣ насоса и взаимное отношеніе ихъ найдутся при помощи того же графика. *Max* скорости поршня $v_0 = r \cdot \omega$ опредѣлится по ф-лѣ **6**, если положить въ ней $Sin\,\beta = 1$:

$$v_0 = r \cdot \omega = r \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \mathbf{10}.$$

гдѣ n — число оборотовъ въ мин. у вала шатуннаго механизма насоса.

Назовемъ ***среднюю скорость*** поршня чрезъ c. Это будетъ, слѣдовательно, такая постоянная скорость, перемѣщаясь съ которою все время равномѣрно, поршень подалъ бы при полномъ своемъ размахѣ $2r$, то же самое количество жидкости, какъ и теперь, когда поршень заимствуетъ свое движеніе отъ шатуннаго механизма.

Пользуясь свойствами графика (фиг. 16), мы можемъ сказать, что максимальная скорость поршня къ его средней скорости будетъ въ такомъ же отношеніи, какъ и максимальная высота графика F къ его средней высотѣ y, т. е.

$$v_0 : c = F : y = \pi : 2 = 1{,}57 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; \mathbf{11}.$$

т. е. ***максимальная скорость движенія жидкости въ насосѣ съ шатуннымъ механизмомъ на 57% болѣе средней скорости движенія ея за весь періодъ перемѣщенія ея поршнемъ.***

То же самое соотношеніе мы могли бы получить и непосредственно, помимо графика. Если движеніе поршня совершается непрерывно, и валъ

насоса дѣлаетъ n оборотовъ въ минуту, тогда путь, пройденный поршнемъ за время одного размаха его, будетъ $2r$; за одинъ оборотъ вала поршень пройдетъ путь $4r$, въ минуту — $4r \cdot n$, а въ секунду — $4r \cdot n : 60$. Это и есть величина c, т. е.

$$c = 2r \cdot n : 30 \qquad \ldots \ldots \ldots \ldots \mathbf{12}.$$

Изъ сравненія ф-лъ **10** и **12** получаемъ опять ф-лу **11**.

Въ прейсъ-курантахъ различныхъ фирмъ и въ обыденныхъ заводскихъ разсчетахъ насосовъ по справочнымъ книжкамъ говорится обыкновенно о *средней* скорости движенія поршня и перемѣщенія жидкости, но не нужно забывать при этомъ и максимальной ея величины, зависящей исключительно отъ свойствъ шатуннаго механизма при насосѣ и не устраняемой никакими усовершенствованіями въ конструкціи клапановъ, поршня и т. п.

Съ этой точки зрѣнія нельзя отрицать того положенія, что правильнѣе будетъ вести разсчетъ трубопровода для насоса не по средней въ немъ скорости жидкости, а по максимальной, имѣя въ виду возможность осуществленія на практикѣ весьма различныхъ комбинацій въ устройствѣ насосовъ, питающихъ общій трубопроводъ. Послѣ этого станетъ понятнымъ и то, что правильная критическая оцѣнка конструкціи насоса и его трубопровода не могутъ быть сдѣланы до тѣхъ поръ, пока не будетъ построенъ для нихъ графикъ скоростей, дающихъ полное представленіе о ходѣ измѣненія скоростей во всѣхъ главныхъ рабочихъ камерахъ насоса. Игнорированіе этихъ положеній часто влечетъ за собою весьма грубыя конструктивныя ошибки. Примѣры подобныхъ ошибокъ извѣстны во множествѣ и въ заграничной практикѣ и въ русской, съ ними связано много именъ столь извѣстныхъ практическихъ инженеровъ, которыхъ совсѣмъ нельзя заподозрить въ незнакомствѣ съ насосами вообще, а можно обвинять только въ неосмотрительномъ примѣненіи старыхъ правилъ къ новымъ комбинаціямъ въ устройствѣ насосовъ, которыя имѣютъ свои особыя свойства.

Величина средней скорости поршня является для насоса довольно характернымъ признакомъ, отмѣчающимъ прогрессъ въ построеніи насосовъ вообще.

Не далѣе какъ четверть вѣка тому назадъ величины c болѣе 0,4 — 0,6 мт. въ сек. считались рѣдкостью даже и на заграничныхъ первоклассныхъ насосныхъ станціяхъ, за это время машиностроеніе пошло впередъ такими быстрыми шагами, что теперь въ лучшихъ насосныхъ устройствахъ, приноровленныхъ къ экономной и непрерывной работѣ, часто встрѣчается $c =$ отъ 1 до 1,5 мт. (отъ 3 до 5 фут.), а въ послѣднее время даже и болѣе — отъ 2 до 2,3 мт. (6,5 — 7,5 фут.), какъ это отмѣчено ниже, напр., въ главѣ о шахтныхъ насосахъ и др.

Нужно, впрочемъ, оговориться, что безъ особой надобности прибѣгать къ утрированному увеличенію скорости хода насосовъ не слѣдуетъ, такъ какъ отъ этого въ прямой зависимости находится какъ быстрота изнашиванія отвѣтственныхъ частей насоса, такъ и надежность его дѣйствія.

Особенно не нужно забывать этой оговорки по отношенію къ непрерывнымъ производствамъ, въ которыхъ остановка насосной станціи можетъ причинить весьма крупные убытки и остановку всего завода.

Въ заданіи для насоса всегда лучше остановиться на болѣе умѣренной скорости съ тѣмъ, чтобы въ экстренныхъ случаяхъ безъ всякаго риска можно было перейти ее, а ***при разработкѣ проекта*** нужно всегда имѣть въ виду наибольшую возможную величину средней скорости насоснаго поршня и сообразно съ нею развивать размѣры частей, подверженныхъ въ работѣ изнашиванію и вредному воздѣйствію силъ инерціи.

КЛАССИФИКАЦІЯ НАСОСОВЪ,

критическая оцѣнка существующихъ конструкцій ихъ и данныя для опредѣленія главныхъ размѣровъ насосовъ различныхъ системъ.

14. **Необходимость классификаціи системъ насосовъ и общія основанія для нея.** Природа перекачиваемой жидкости и главныя условія, при которыхъ приходится дѣлать перекачку, бываютъ слишкомъ разнообразны. Этимъ естественно вызывается разнообразіе и въ конструкціяхъ насосовъ. Отсюда сама собою дѣлается понятною необходимость разобраться во всѣхъ существующихъ конструкціяхъ, отвести для каждой изъ нихъ въ общемъ ряду свое опредѣленное мѣсто, указать ея достоинства и недостатки, дать намекъ на возможность устраненія недостатковъ системы и на возможность исчезновенія достоинствъ ея при извѣстныхъ обстоятельствахъ и т. д. Это и дѣлается при помощи общей классификаціи системъ насосовъ, соединенной съ оцѣнкой существующихъ конструкцій ихъ и съ вопросомъ объ опредѣленіи главныхъ размѣровъ насоса.

Въ основу классификаціи могутъ быть положены различные ***признаки***, отличающіе одну конструкцію отъ другой, напримѣръ:

1) ***назначеніе насоса*** въ зависимости отъ природы перекачиваемой жидкости и главныхъ условій перекачки (высоты напора, быстроты перекачки, нѣкоторыхъ спеціальныхъ требованій производства и т. п.); такимъ образомъ различаютъ, напр., насосы заводскіе, питательные, шахтные и т. п.;

2) ***производительность насоса*** при данныхъ размѣрахъ его поршня и опредѣленной скорости работы; такимъ образомъ различаютъ, напр., насосы ***простого дѣйствія, двойного, тройного*** и т. д.;

3) ***различіе въ устройствѣ насоса и передачи къ нему*** (положеніе оси цилиндра, число поршней и клапановъ, число и расположеніе смѣнныхъ набивокъ у поршня, число колѣнъ у вала или число кривошиповъ, взаимное ихъ расположеніе, равномѣрность подаваемой струи жидкости и т. п.).

Въ настоящее время, при той обширности матеріала, которую даетъ намъ современное машиностроеніе, простая и ясная классификація существующихъ устройствъ насосовъ для учебнаго курса не только полезна, но и прямо необходима. Безъ нея пришлось бы свалить всю массу фактическаго матеріала, такъ сказать, въ одну кучу, пришлось бы по-

вторять объ одномъ и томъ же многіе десятки разъ, и невольно останавливаться каждый разъ на маловажномъ; а при этомъ такъ легко бываетъ случайно позабыть сказать существенно важное.

Примѣромъ такихъ безсистемныхъ и мало полезныхъ описаній могутъ служить, напр., такъ называемые обзоры новостей, помѣщаемые отъ времени до времени въ нѣкоторыхъ нѣмецкихъ и французскихъ журналахъ (въ *Revue de mécanique*, въ журналахъ *Uhland*, *Dingler* и др.), гдѣ главными признаками у насосовъ нерѣдко являются, напр., или только положеніе оси цилиндра въ пространствѣ, или только присутствіе въ насосной передачѣ зубчатыхъ колесъ, или названія городовъ и мѣстечекъ, гдѣ сдѣланы описываемыя установки, совершенно одинаковыя по существу, или фамиліи заводовъ и конструкторовъ, перебирающихъ давно извѣстныя устройства и дающихъ имъ при каждомъ исполненіи только новые ярлыки и клички и т. д.

Наиболѣе полная и независимая отъ постороннихъ вліяній классификація системъ насосовъ, отводящая каждой изъ нихъ свое опредѣленное мѣсто, можетъ быть сдѣлана только въ учебномъ курсѣ. Ни въ одномъ изъ существующихъ курсовъ по насосамъ однако не было сдѣлано до сихъ поръ такой классификаціи.

15. **Критическая оцѣнка конструкціи насоса,** каково бы ни было его назначеніе, дѣлается на основаніи слѣдующихъ соображеній:

1) *устройство насоса должно быть просто*, т. е. должно заключать въ себѣ возможно малое число частей, подверженныхъ изнашиванію, разстройству, порчѣ;

2) устройство насоса должно отличаться *долговѣчностью* въ работѣ, т. е. выборъ матеріала для выполненія изъ него отвѣтственныхъ частей насоса долженъ быть сообразованъ съ природою перекачиваемой жидкости; прочные размѣры частей должны быть достаточно развиты и приспособлены даже и къ повышеннымъ требованіямъ относительно высоты напора и быстроты работы насоса; обработка и сборка отвѣтственныхъ частей должны отличаться хорошими качествами;

3) распредѣлительные органы насоса (клапаны, поршни) должны быть легко *доступны для быстраго осмотра, ремонта* и *замѣны* ихъ новыми;

4) жидкость должна слѣдовать чрезъ насосъ по возможности болѣе свободно и *кратчайшимъ путемъ* (безъ поворотовъ въ направленіи движенія, безъ необходимости проходить излишние суженныя и безъ надобности расширенныя мѣста и т. п.);

5) устройство насоса должно отличаться *дешевизною обзаведенія*, причемъ въ этомъ случаѣ стоимость насоса и трубопровода должны быть разсматриваемы совмѣстно;

6) устройство насоса должно отличаться *дешевизною эксплуатаціи*, т. е. возможно болѣе высокимъ коэф. полезнаго дѣйствія и дешевизною ремонта изношенныхъ частей и замѣны ихъ новыми.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ къ этимъ общимъ для всѣхъ насосовъ условіямъ присоединяются еще частныя требованія относительно макси-

мальнаго вѣса насоса, удобствъ переноски и перевозки его съ одного мѣста на другое, возможности спокойной работы насоса въ подвѣшенномъ видѣ и т. п.

Наибольшихъ тонкостей аналитическаго разсчета требуетъ выполненіе 5 и 6 условій. Примѣрное рѣшеніе этого вопроса въ примѣненіи къ нефтяной промышленности можно видѣть въ извѣстной работѣ инженеръ-механика *В. Г. Шухова* — *Трубопроводы* (изданіе Политехническаго Общества въ Москвѣ, 1895 г.), содержащей въ себѣ остроумныя теоретическія и весьма цѣнныя практическія данныя по рѣшенію вопроса о наивыгоднѣйшемъ устройствѣ и эксплуатаціи различныхъ системъ трубопроводовъ (для керосина, нефти и мазута, при непрерывной работѣ и періодической).

16. **Органъ, присасывающій жидкость,** выполняется въ насосахъ или въ видѣ *поршня*, или же въ видѣ *скалки*, называемой также *ныряломъ*, *ныркомъ*, *плунжеромъ*. Каково бы ни было устройство этого органа, оно должно удовлетворять условію *герметичности*; отъ болѣе или менѣе удачнаго выполненія его зависитъ въ большой мѣрѣ и самая производительность насоса.

Принципіальное различіе въ устройствѣ присасывающаго органа въ видѣ поршня или плунжера заключается въ слѣдующемъ:

а) насосы съ поршнемъ должны имѣть *тiп. двѣ набивки*, одну *внѣшнюю* (въ сальникѣ для поршневого стержня), а другую *внутреннюю* на трущейся поверхности между поршнемъ и стѣнками цилиндра; изъ нихъ состояніе послѣдней набивки трудно поддается контролю и осмотру, и она легко можетъ оказаться въ неисправности, запущенной, не вполнѣ совершенно дѣлающей разрѣженіе воздуха и обильно пропускающей жидкость съ одной стороны поршня на другую;

б) насосы со скалкою, или иначе *скальчатые*, могутъ имѣть *тiп одну набивку*, расположенную *снаружи*, свободно контролируемую въ ея дѣйствіи, легко подтягиваемую и замѣняемую новою.

При качаніи жидкостей, не разъѣдающихъ стѣнокъ трущихся органовъ насоса, и жидкостей чистыхъ (безъ ила, песку и т. п.), поршень можно выполнять вовсе безъ набивки, съ рядомъ не сообщающихся между собою кольцевыхъ выточекъ, сдѣланныхъ или на поверхности поршня (см. *Атласъ насосовъ*, табл. 15 и 70), или же на поверхности стакана, въ которомъ ходитъ поршень (см. *Атл. нас.*, табл. 5). Нѣсколько сношенный поршень подобнаго типа сначала забираетъ не хорошо, но когда присасываніе жидкости совершится, онъ работаетъ удовлетворительно и вообще лучше при непрерывной и быстрой работѣ насоса. При движеніи поршня въ какую либо сторону жидкость стремится переходить изъ одной выточки въ другую чрезъ волосной зазоръ между стѣнками поршня и цилиндра, но при каждомъ такомъ переходѣ изъ зазора въ выточку жидкость теряетъ значительную часть полученной ею скорости перемѣщенія. Съ такимъ поршнемъ насосы удовлетворительно работаютъ при давленіи до 5 атм.

Для болѣе высокихъ давленій и въ болѣе дорогихъ устройствахъ при тѣхъ же обстоятельствахъ (чистой и прѣсной водѣ, керосинѣ и т. п.) ставится поршень съ бронзовыми кольцами. Конструктивныя формы такихъ поршней представлены въ *Атл. нас.*, табл. 6, 8, 31, 39.

При качаніи воды съ пескомъ, иломъ, а также при повышенной температурѣ примѣняютъ поршни съ просаленной растительной или животной набивкой.

Конструктивныя формы поршней съ пеньковыми жгутами даны въ *Атл. нас.*, табл. 5, 49, а съ кожаной набивкой — тамъ же на табл. 1, 2, 5, 7, 10, 18, 21, 23, 40, 46, 47, 51, 56, 59, 60, 72 и 73.

При высокомъ давленіи (болѣе 5 атм.) примѣняются по преимуществу скальчатые насосы или съ внутренней набивкой (не болѣе 10 атм.) или съ наружнымъ сальникомъ (отъ 10 до 350 атм.).

Горизонтальное расположеніе оси насоснаго цилиндра, въ которомъ работаетъ тяжелый поршень, всегда неблагопріятно въ смыслѣ болѣе быстраго изнашиванія стѣнокъ цилиндра, — особенно при перекачкѣ жидкости, несущей съ собою различныя механическія примѣси (илъ, песокъ, твердыя нечистоты, дубильное корье и т. п.). Замѣна массивнаго поршня пустотѣлымъ (плавающимъ) плунжеромъ приноситъ въ этомъ случаѣ большую пользу, а еще лучшій результатъ можетъ быть полученъ вертикальнымъ расположеніемъ оси цилиндра.

Наклонное расположеніе къ горизонту даютъ иногда осямъ насосныхъ цилиндровъ по различнымъ конструктивнымъ соображеніямъ, когда приходится считаться съ вопросомъ о мѣстѣ, которое отводится для помѣщенія насоса, съ вопросомъ объ удаленіи воздуха, попадающаго въ рабочую камеру насоса и т. п.

Классификація насосовъ въ зависимости отъ ихъ служебнаго назначенія.

17. Насосы для домашняго обихода и строительныхъ работъ.

Сюда относится группа наиболѣе простыхъ и дешевыхъ устройствъ насосовъ, приводимыхъ въ движеніе большею частію отъ руки, рѣже отъ вѣтряного двигателя, коннаго привода, газоваго или керосиноваго двигателя, еще рѣже отъ водостолбовой машины или калорическаго двигателя. Примѣняются такіе насосы для снабженія водою кухонь, клозетовъ, для поливки дворовъ, огородовъ, садовъ, для откачки воды изъ подваловъ, погребовъ, на строительныхъ и канализаціонныхъ работахъ и т. п.

Такіе насосы строятся для подачи отъ 75 до 400 вед. (900 — 5000 *lt*) въ часъ и болѣе.

Ходовые размѣры діаметра цилиндра D и хода поршня S бываютъ такими:

Величины	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	3	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{2}$	5	6 дюйм.
D	60	70	75	80	90	100	125	150 мм.	

Величины	5	6	8	9	10	12 дюйм.
S	130	150	200	250	300 мм.	

Отношеніе $S:D$ встрѣчается равнымъ $1\frac{3}{4}$, 2, $2\frac{1}{4}$.

Скорость поршня (средняя). . . . c = или менѣе 0,35 — 0,45 мт. (или 14 — 18 дм.) въ сек.

Число оборотовъ вала или двойныхъ качаній коромысла въ минуту n бываетъ — отъ 20 до 50.

При ручной качкѣ воды ***коромысломъ*** или рычагомъ практикою установлены слѣдующія соотношенія:

Работа, развиваемая ***въ сек. каждымъ человѣкомъ***, участвующимъ въ продолжительной (8 — 10-часовой) качкѣ, и высчитанная по количеству дѣйствительно поднятой воды на заданную высоту, т.-е. ***полезная работа*** . . . . 4,5 — 5 кг.-мт.

При кратковременной качкѣ (пожарныя трубы) та же работа бывала иногда доведена . . . . . . до 18 — 25 »

Возможная величина размаха рычага въ горизонтальномъ направленіи . . . . 1 — 1,2 мт.

Возможная величина размаха коромысла въ вертикальномъ направленіи. . . . . 0,7 — 1,0 мт.

Возможная величина скорости на концѣ рычага или коромысла . . . . 0,8 — 1,1 мт.

Малое плечо рычага . . . . около 2S.

Отношеніе большого плеча къ малому . . . . 5 — 10.

Самое нижнее положеніе рукояти коромысла возможно имѣть отъ уровня земли на разстояніи. . . 0,56 — 0,76 мт.

Самое верхнее положеніе той же рукояти отъ земли. . . . . 1,6 — 1,8 мт.

При ручной качкѣ воды ***при помощи рукоятки съ маховикомъ*** возможны слѣд. соотношенія:

Полезная работа, развиваемая 1 человѣкомъ при 8 — 10 часовой работѣ. . . . . 5 — 5,5 кг.-мт.

Радіусъ рукояти. . . . . 0,35—0,45 мт. (14—18 дм.).

Радіусъ маховика . . . . 1 — 1,5 мт.

Вѣсъ маховика . . . . 200 — 300 кг.

Высота центра вала надъ уровнемъ земли . . 0,9 — 1,0 мт.

Скорость на окружности рукояти . . . . . . 0,9 — 1,0 мт.

Рабочихъ на рукоятку маховика ставится отъ 1 до 4, на коромыслѣ заставляютъ работать одновременно отъ 2 до 20 человѣкъ, въ исключительныхъ случаяхъ (на морскихъ помпахъ, напр.) — до 50 человѣкъ.

Усиліе каждаго рабочаго на концѣ коромысла или рукояти можно принимать въ предѣлахъ отъ 10 до 30 кг. (отъ $\frac{3}{4}$ до 2 пуд.).

При кратковременной работѣ среднимъ числомъ можно принимать, что *одинъ человѣкъ, работая на насосномъ приводѣ, можетъ поднимать въ минуту отъ 150 до 200 ведеръ воды на высоту одного фута.* Въ экстренныхъ случаяхъ (напр., во время пожара), работая съ усиленнымъ напряженіемъ, человѣкъ можетъ развить работу и большую вышеуказанной на 50%, 75 и даже на 100%, смотря по продолжительности напряженія.

Цилиндры у насосовъ этой группы выполняются чугунными, бронзовыми, иногда желѣзными (на строительныхъ работахъ).

Въ конструкціи этихъ насосовъ особенно цѣнятся простота устройства, надежность дѣйствія, дешевизна, удобство переноски или перевозки, иногда—небольшое мѣсто, занимаемое насосомъ на площади пола.

18. **Пожарные насосы** для городовъ и селъ бываютъ ручные, конные и паровые. Въ этихъ насосахъ цилиндры, поршни и клапаны дѣлаются всегда изъ бронзы; работа возможно болѣе аккуратная; всѣ части приспособлены для быстрой замѣны ихъ новыми.

Ходовые размѣры ручныхъ пожарныхъ насосовъ—$D = 100$, 120, 140 и 150 мм., разсчитанныхъ на 8, 12, 16 и 20 человѣкъ.

Скорость на концѣ коромысла бываетъ отъ 1 до 2,5 мт. (отъ 3 до 8 фут.) въ сек., величина размаха тамъ же — отъ 900 до 1225 мм. (3—4 фут.), число двойныхъ размаховъ въ мин. $n =$ менѣе 60, развиваемая однимъ человѣкомъ работа доходитъ до $\frac{1}{4}$ лошадиной силы (при участіи отъ 8 до 12 чел. совмѣстно), а въ исключительныхъ случаяхъ даже до $\frac{1}{2}$ лош. силы.

Отношеніе плечъ рычага бываетъ 4—6, ходъ поршня 200—250 мм. (8 — 12 дм.).

Первая *паровая* пожарная труба была построена около 1830 г. въ Лондонѣ заводомъ ***Braithwaite & Ericsson*** (см. ***Thurston, Histoire de la machine à vapeur, tm.*** II, 1880). Паровая машина у нея была съ однимъ паров. цил. (діам. 7 дм., ходъ поршня 16 дм.). Вся труба вѣсила $2^1/_2$ ***tn*** (255 пуд.) и выбрасывала 150 гал. (55 вед.) въ мин. на высоту 80—100 фут. На растопку котла до начала работы требовалось 20 мин. времени.

Въ Америкѣ первая паровая труба была построена въ Нью-Іоркѣ въ 1841 г. заводомъ ***Hodge***, но его машины были слишкомъ тяжелы и мало удобны въ обращеніи. Вскорѣ послѣ этого болѣе легкій типъ трубы съ вертикальными цилиндрами былъ выработанъ заводомъ ***Latta*** въ Цинциннати; этотъ типъ и служилъ впослѣдствіи предметомъ подражанія для другихъ заводовъ.

Всеобщее распространеніе паровыя пожарныя трубы получили только послѣ Лондонской выставки 1862 г. Вѣсъ современныхъ намъ трубъ колеблется отъ 3 — 4 ***tn***; при умѣренномъ давленіи въ котлѣ до 80 фн. на кв. дм. (5,5 атм.) труба можетъ выбрасывать струю: въ вертикаль-

номъ направленіи до 225 фут. при діам. отверстія въ наконечникѣ $1^1/_4$ дм. и до 150 фут. при діаметрѣ $1^3/_4$ дм.: длина горизонтальной струи можетъ быть = соотвѣтственно — 300 и 250 фут. Въ американскихъ большихъ городахъ считаютъ необходимымъ имѣть 1 паровую трубу на 10.000 жителей, такъ что, напр., въ Нью-Іоркѣ въ началѣ 90-хъ годовъ насчитывалось болѣе 40 шт. паровыхъ пожарныхъ трубъ.

Историческія свѣдѣнія по пожарнымъ трубамъ, кромѣ сочиненія ***Thurston***, имѣются также у ***Ewbank***, ***Hydr. & Mec.***, у ***Ruehlmann***, ***Bd. IV.***

Спеціальное сочиненіе по конструированію пожарныхъ насосовъ — ***Bach***, ***Die Construktion der Feuerspritzen.***

19. **Питательные насосы.** Такъ называется особая группа насосовъ, употребляемыхъ для питанія водою паровыхъ котловъ, для испытанія котловъ, трубъ и т. п. Иногда ихъ наз. также *добавительными* насосами.

Они бываютъ ручные (D не болѣе $2^1/_2$ дм.), приводные и паровые; въ настоящее время особенно распространены послѣдніе.

Ходовые размѣры паровыхъ питательныхъ насосовъ таковы:

Діам. насосн.	$1^1/_2$	$1^3/_4$	$2^1/_8$	$2^3/_8$	$2^3/_4$	$3^1/_4$	$3^3/_4$	$4^1/_8$	$4^1/_2$
цилиндра.	5	6	7	8	9	10	12	14 дюйм.	
Діам. паров.	$2^1/_2$	3	$3^1/_2$	4	$4^1/_2$	$5^1/_2$	6	$6^1/_2$	$7^1/_4$
цилиндра.	8	10	12	14	16	18	20	дюймовъ.	
Ходъ поршня —	3	5	6	8	10	12	18	24 дм.	

Число двойныхъ размаховъ въ мин. назначается отъ 50 (при $S = 16$ и болѣе дм.) до 175; скорость поршня бываетъ отъ 0,6 до 1 мт. (2 до $3^1/_4$ фут.) въ сек.

Такіе насосы строятся для подачи воды въ количествѣ отъ 60 до 15000 вед. въ часъ.

Отношеніе діам. парового цилиндра къ діам. водяного здѣсь встрѣчается около 1,5—1,7—2, рѣдко болѣе.

Иногда приходится работать такимъ насосомъ при давленіи до 20 атм. (а пробное для нихъ—50 атм.); клапаны, цилиндры, поршни и стержни ихъ выполняются въ такомъ случаѣ изъ фосфористой бронзы.

Хорошая спеціальная конструкція питательнаго парового насоса съ детальнымъ чертежомъ описана въ ***Журн. общества нѣмецк. инжен.*** за 1894 годъ въ № 49: $D = 100$ мм., $S = 200$, $c = 1{,}2—1{,}3$ мт. въ сек., $n = 180—200$; насосъ беретъ паръ изъ котла при давленіи 4—6 атм. и питаетъ водою другой котелъ подъ давленіемъ 10 атм.

Пусть **П** будетъ поверхность нагрѣва того котла, который надо питать водою, въ кв. *мт.*, а **В** — количество воды, испаряемой котломъ въ часъ въ *кг.*, тогда при обыкновенныхъ условіяхъ работы котла (при умѣренномъ напряженіи въ работѣ котла) можно принимать:

В *кг.* въ *часъ* = 20. **П** кв. *мт.* . **13,**

что соотвѣтствуетъ снимакію 4,6 фнт. пара съ 1 кв. *фута* поверхности нагрѣва. Добавительный насосъ разсчитывается так. обр., чтобы, работая непрерывно, при обыкновенныхъ условіяхъ относительно скорости, онъ могъ подать приблизительно ***тройное*** количество жидкости противъ требуемаго, т. е. насосъ долженъ подавать объемъ

$$Q_1 \text{ куб. мт. въ часъ} = \frac{3.20.\mathbf{П}\ \text{кв. мт.}}{1000}, \text{ или}$$

$$Q_1 \quad » \quad » \quad » \quad » \quad = 0.06.\mathbf{П}\text{кв. мт.} \qquad \mathbf{14.}$$

$$Q_1 \text{ ведеръ въ часъ} = \frac{3.4,6.\mathbf{П}\text{кв. фут.}}{30}, \text{ или}$$

$$Q_1 \quad » \quad » \quad » \quad = 0,46.\mathbf{П}\ \text{кв. фут} \qquad \mathbf{15.}$$

При форсированной работѣ котла съ его поверхности нагрѣва можно снимать болѣе или менѣе влажнаго пара на $50^0/_0$ болѣе противъ вышеуказаннаго; соотвѣтственно должны быть повышены и размѣры добавительнаго насоса.

Если бы выражать объемную производительность питательнаго насоса въ *lt* и въ минуту, тогда по ф-лѣ **14** можно было бы ее опредѣлить такъ:

$$0,06.\ \mathbf{П}.\ \frac{1000}{60} = \mathbf{П},$$

т. е. ***объемная производительность питательнаго насоса въ* литрахъ *въ* минуту** *въ среднемъ можетъ быть* ***принята равною числу квадратныхъ метровъ, заключающихся въ поверхности нагрѣва у котла (или приблизительно полуторному числу силъ котла***, если считать на силу по $1^1/_2$ кв. мт. площади нагрѣва).

Это правило весьма легко запоминается и представляется поэтому весьма удобнымъ для приблизительныхъ подсчетовъ.

Если размѣры питательнаго насоса берутся по размѣрамъ паровой машины, тогда устанавливается опредѣленное практикою отношеніе *A* между объемами, которые описываютъ поршни у паровой машины и у питательнаго насоса. Предполагая, что при машинѣ будетъ всегда *два* одинаковыхъ питательныхъ насоса, величину *A* по ***Busley*** можно брать слѣдующимъ образомъ:

въ сдвоенныхъ машинахъ	простого	расширенія .	.	$A = 200$
въ строенныхъ	»	»	.	$A = 166$
въ компаундъ-машинахъ *)	двойного	»	.	$A = 400$
» »	тройного	»	.	$A = 200$

Питаніе котловъ высокаго давленія во времена *Савери* дѣлалось посредствомъ вспомогательнаго котла, который работалъ періодически: наполненный холодной водой, этотъ котелъ разогрѣвался, и давленіе въ

*) Въ этихъ случаяхъ при опредѣленіи *A* вносится объемъ цилиндра низкаго давленія.

немъ доводилось до высшей нормы, чѣмъ въ главномъ котлѣ, работавшемъ непрерывно; тогда происходило перемѣщеніе подогрѣтой воды изъ вспомогательнаго котла въ главный, затѣмъ слѣдовало опять наполненіе вспомогательнаго котла холодной водой и т. д.

Во времена *Ньюкомена*, когда работали паромъ весьма низкаго давленія (4 — 5 *lbs*), котлы питались или автоматическимъ аппаратомъ *Brindley* *) (съ поплавкомъ и коромысломъ, раскрывающимъ питательный клапанъ, помѣщенный на нѣкоторой высотѣ надъ котломъ), или просто періодическимъ впусканіемъ воды въ котелъ чрезъ достаточно высокую открытую сверху трубку.

Примѣненіе питательнаго насоса было сдѣлано только во времена *Уатта*. Насосъ былъ обыкновеннаго колодезнаго типа съ проходнымъ поршнемъ; приводился онъ въ дѣйствіе отъ коромысла паровой машины.

Чертежи питательныхъ насосовъ помѣщены въ моемъ *Атласѣ насосовъ* на табл. 7, 8, 9, 14, 15, 16, 18, 40, 69.

Рисунки и описаніе работы паровыхъ питательныхъ насосовъ разнообразныхъ американскихъ конструкцій можно найти въ сочиненіи *Whitham-Constructive Steam Engineering, embracing Engines, Pumps and Boilers*, 1891: помѣщены системы *Blake, Worthington, Hall, Dean* и друг. (см. §§ 159—162).

Примѣръ питательнаго насоса съ электрической передачей можно найти въ *Engineering*, 1896, *oct.* 23, *pg.* 524 (на 225 *lt* въ мин., давленіе до 150 *lbs*).

Примѣръ большой установки паровыхъ насосовъ для питанія котельной станціи на 2000 силъ съ давленіемъ пара въ 160 *lbs* можно найти въ *Engineering* 1892, *july* 29, *pg.* 125—137: сдвоена пара одинаковыхъ насосовъ тройного дѣйствія (діам. 5 дм., ходъ—5 дм.); паровыя машины—вертикальныя (діам.—7 дм., ходъ—6 дм.).

Для питанія котловъ весьма высокаго давленія, въ которыхъ готовится паръ для машинъ тройного и четверного расширенія *(triple — & quadruple-compound)* при давленіи отъ 12 до 18 атм. (180—270 фунт. на кв. дм.), строятся спеціальные питательные насосы съ діам. плунжера отъ 2 до 6 дм. и съ ходомъ отъ 4 до 12 дм. (для подачи отъ 200 до 3000 вед. въ часъ); ихъ заставляютъ работать съ весьма умѣренною скоростью, около 1,5 фут. въ сек. (до 0,5 мт.).

Конструкція насоса для питанія котловъ горячей водою опубликована мною въ журн. *Техническій Сборникъ*, 1891 г., № 10: скорость поршня въ сек. — 0,4 — 0,65 мт., подъемъ клапана на всасывающей трубѣ—принужденный, отъ эксцентрика.

Чертежъ одноклапаннаго питательнаго насоса для подачи въ котелъ горячей воды, собираемой изъ паровыхъ рубашекъ у цилиндровъ и ресайверовъ паровой машины, помѣщенъ въ *Engineering*, 1896, *дес.* 25, *pg.* 803.

---

*) Хорошій рисунокъ этого аппарата можно найти въ брошюрѣ *Reuleaux-Kurzgefasste Geschichte der Dampfmaschine*, 1891, стр. 39.

20. **Горячіе или воздушные насосы.** Они являются необходимою принадлежностью паровыхъ машинъ, работающихъ съ конденсаціею пара, и предназначаются для выкачиванія изъ холодильника горячей воды и сопровождающаго ее воздуха.

Выкачиваемая горячимъ насосомъ вода должна подходить къ нему въ этомъ случаѣ самотекомъ.

На основаніи результатовъ опыта, высоту напора, которую приходится преодолѣвать воздушному насосу, при разсчетахъ обыкновенно принимаютъ = 15 мт. высоты водяного столба *).

Притокъ холодной воды въ конденсаторъ разсчитывается по наибольшему расходу свѣжаго пара въ машинѣ, который будетъ имѣть мѣсто при наибольшей выполняемой ею работѣ, соотвѣтствующей наибольшему коэффиціенту наполненія горячаго цилиндра машины свѣжимъ паромъ.

Для полученія надежной работы конденсатора считается достаточнымъ, если наибольшее количество воды, вводимой въ него для охлажденія отработавшаго въ машинѣ пара, по вѣсу въ **20** разъ будетъ превышать *наибольшій* расходъ свѣжаго пара въ машинѣ. Такова обычная норма для опредѣленія производительности горячаго насоса при паровой машинѣ, но будетъ лучше и надежнѣе, если размѣры рабочаго объема этого насоса и размѣры его клапановъ будутъ взяты болѣе противъ нормы процентовъ на 50 или 75, имѣя въ виду различныя случайности и неисправности въ работѣ насоса.

Расположеніе горячаго насоса и приведеніе его въ движеніе отъ паровой машины бываютъ крайне разнообразны (см. *Атласъ насосовъ*, табл. 68 и 69) и находятся въ зависимости отъ мѣстныхъ условій и отъ воли иногда заказчика, а чаще конструктора.

Діаметры цилиндровъ у горячихъ насосовъ встрѣчаются отъ 5 до 46 *дм.* (до 1,2 мт.) при размахѣ поршня отъ 10 до 30 дм., если поршень насоса не приводится въ дѣйствіе непосредственно отъ парового штока.

Отношеніе хода поршня къ діаметру его встрѣчается здѣсь крайне разнообразнымъ, отъ *1 : 2* до *3 : 2* при насосахъ, работающихъ при посредствѣ коромысла или рычага, и до *7 : 1* въ насосахъ, заимствующихъ движеніе отъ штока парового поршня непосредственно.

Въ зависимости отъ устройства передачи къ горячему насосу, наблюдается большое разнообразіе и въ выборѣ средней скорости его поршня. Она бываетъ:

при непосредственной передачѣ отъ 1 до 3 мт. въ сек.
при коромысловой » » 0,9 до 1,25 » »

При передачѣ къ горячему насосу коромысломъ лучшіе англійскіе машиностроительные заводы назначаютъ величину хода поршня у горячаго насоса такимъ образомъ, чтобы скорость поршня у него выходила не болѣе 1 мт. въ сек.

---

*) См. *Журн. общ. нѣмецк. инжен.*, 1893 г. № 8.

Конденсаторъ примѣняется съ выгодою при паровыхъ машинахъ свыше 20 индикаторныхъ силъ, если только исходящій изъ машины паръ не употребляется для отопленія завода и если потребное для конденсатора количество воды есть на лицо.

Когда для питанія котла, доставляющаго паръ въ машину, имѣется достаточно прѣсной воды, тогда можетъ быть употребленъ конденсаторъ со впрыскиваніемъ холодной воды внутрь него, и для этого, въ случаѣ необходимости, можетъ быть употреблена и морская вода. Если же нѣтъ излишка прѣсной воды и для конденсаціи пара надо примѣнять морскую воду, тогда ставится поверхностный холодильникъ, и горячій насосъ при этомъ въ значительной мѣрѣ разгружается въ своей работѣ, а холодный насосъ — наоборотъ.

Извѣстный швейцарскій машиностроительный заводъ ***Бр. Зульцеръ*** (въ Винтертурѣ) для разсчета горячаго насоса установилъ слѣдующія нормы: у одноцилиндровыхъ паровыхъ машинъ, расходующихъ отъ 10 до 16 кг. пара на 1 тормазную силу въ часъ, воздушный насосъ долженъ быть способенъ выкачивать изъ конденсатора до 350 ***lt*** въ часъ на каждую силу машины; въ компаундъ-машинахъ, гдѣ расходъ пара на силу бываетъ отъ $6^1/_4$ до 8 кг., объемная производительность горячаго насоса — 250 ***lt*** въ часъ на силу; и наконецъ въ машинахъ съ тройнымъ расширеніемъ пара (при расходѣ пара отъ 6 до $5^1/_4$ кг.) объемная производительность горячаго насоса доводится до 200 ***lt*** въ часъ на силу. Если же впрыскивающій холодильникъ замѣняется поверхностнымъ, то норма подачи холодной воды въ конденсаторъ увеличивается въ $2^1/_2$—3 раза противъ вышеуказаннаго.

Отсутствіе при паровой машинѣ конденсатора съ принадлежащими къ нему холоднымъ и горячимъ насосами уменьшаетъ вѣсъ машины приблизительно на 10 — 12%, а стоимость ея—на 8—10%.

Присоединеніе къ машинѣ питательнаго насоса увеличиваетъ ея стоимость, примѣрно, на $1—1^1/_2$%.

Конструкція горячаго насоса должна быть возможно болѣе простою и хорошо приспособленною для быстраго осмотра рабочихъ частей насоса (поршня, клапановъ). Такіе насосы работаютъ болѣе свободно и спокойно въ томъ случаѣ, когда воздуху не приходится проникать въ насосъ чрезъ толстый слой воды подъ клапанами *).

Чертежи горячихъ насосовъ для пароходныхъ машинъ, описаніе конструкціи и разсчетъ ихъ при обыкновенныхъ холодильникахъ и поверхностныхъ можно найти въ сочиненіи ***Busley-Schiffsmaschine***, т. II, стр. 181, табл. 131.

Чертежи воздушныхъ насосовъ для заводскихъ машинъ помѣщены въ моемъ ***Атл. нас.*** на табл. 31, 46, 68 и 69.

Конструкцію воздушнаго насоса американскаго завода *Allis* можно найти въ *Engineering*, 1893, *дес.* 8, *pg*. 695 (нагнетательные клапаны

*) См. конструкцію насоса *Edwards* въ § 86, *b*.

расположены сбоку, на цилиндрической поверхности, и доступны для осмотра, не разбирая передачи къ насосу).

Во французскомъ отчетѣ **Richard**, касающемся выставки въ Чикаго (*Exposition internationale de Chicago en 1893*, vol 1-r. *Rapport de M. Gustave Richard*, *pg.* 150 — 158), помѣщены чертежи и описаніе горячихъ насосовъ *Worthington*, *Allis*, *Nordberg*; въ послѣднемъ изъ нихъ воздухъ и вода входятъ въ цилиндръ независимо другъ отъ друга, каждый чрезъ свой клапанъ.

Воздушные насосы введены въ употребленіе *Уаттомъ* вмѣстѣ съ его первыми машинами, которыя начали работать съ охлажденіемъ пара (1764—65 гг.).

21. **Насосы для водоснабженія** составляютъ обширный классъ машинъ, которыя исполняются обыкновенно по спеціальному заказу съ особой тщательностію и надежностію въ работѣ и приспособливаются для большой производительности, для непрерывнаго и наиболѣе экономичнаго дѣйствія. Насосныя станціи этого класса устраиваются для водоснабженія городовъ, большихъ заводовъ и фабрикъ, желѣзнодорожныхъ станцій, городскихъ бань, прачечныхъ и т. п. Условія для работы насосовъ въ смыслѣ количества подаваемой воды, высоты напора и быстроты работы бываютъ крайне разнообразны. Столь же большое разнообразіе встрѣчается въ настоящее время и въ примѣненіи двигателей для этихъ насосовъ.

Желающимъ ближе ознакомиться съ современными конструкціями водопроводныхъ насосовъ мы указываемъ ниже длинный рядъ литературныхъ источниковъ, гдѣ помѣщены прекрасные чертежи и описаніе исполненныхъ машинъ, а также и результаты опытовъ съ этими машинами. Чтобы охарактеризовать нѣсколько имѣющіяся въ этихъ источникахъ данныя, мы приводимъ здѣсь также и нѣкоторые основные размѣры указываемыхъ устройствъ, придерживаясь слѣдующихъ обозначеній:

Q_1 — расходъ воды въ куб. мт. въ часъ,
D — діаметръ поршня или скалки въ мм.,
S — ходъ ихъ въ мм.,
c — средняя скорость поршня въ мт. въ *сек.*,
n — число оборотовъ насоснаго вала въ *мин.*,
h_1 и h_2 — высоты всасыванія и нагнетанія въ мт. соотвѣтственно,
l_1 и l_2 — длины трубопроводовъ всасывающаго и нагнетательнаго въ мт. соотвѣтственно,
Ж — число жителей въ городѣ,
N — число индикаторныхъ силъ паровой машины при насосѣ.

А. Водопроводные насосы, приводимые въ дѣйствіе **паровыми машинами:**

а. *Статьи Журнала общества нѣмецкихъ инженеровъ* (съ чертежами насосовъ):

1885 годъ. № 1. Насосы города *Remscheid*, $Q_1 = 100$, $h_1 = 6$, $h_2 = 174$.
№№ 15, 16. Насосы гор. *Barmen*, $Q_1 = 200$, $c = 0{,}88$.

1886 г., № 44. Насосы гор. *Essen*, $D=230$. $S=760$. $n=50$; $c=1{,}27$; $l_1=225$, $l_2=3100$.

1887 г., № 25. Насосы гор. *Francfurt am Main*, $N=30-60$, $n=30$. $c=0.7$.

№ 27. Насосы гор. *Hagen*, $Q_1=272$.

1888 г., № 17. Насосы гор. *Fürth*, $Ж=40.000$.

1890 г., № 22. Насосы гор. *Prag*, $Q_1=60-120$. $n=26$; $c=0{,}6$.

Насосы гор. *Brünn*, $D=300$, $S=1200$, $n=27$; $c=1{,}08$; $h_1=4$, $h_2=50$.

Насосы гор. *Agram*, $Q_1=250$, $h_2=72$.

Насосы гор. *Budapest*, $Ж=400.000$, $Q_1=1000$.

Насосы гор. *Pola*, $Q_1=200$, $n=26$, $c=0{,}69$.

» № 23. Насосы гор. *Graz*, $Q_1=540$, $n=75$, $c=1{,}5-2$.

Насосы гор. *Regensburg*, $Q_1=416$.

Насосы гор. *Bamberg* $Q_1=100$; $c=1{,}16$

Насосы гор. *Bielefeld*, $Q_1=135$.

№ 24. Насосы гор. *Roterdam*, $Q_1=900$.

№ 25. Насосы гор. *Pilsen*, подаютъ 12000 куб. мт. въ сут.

Насосы гор. *Ruhrort*, $Q_1=300$.

Насосы гор. *Leipzig*, подаютъ 30000 куб. мт. въ сут.

Всѣ насосы, чертежи которыхъ помѣщены въ *Журн.* за 1890 г., снабжены клапанами проф. *Ридлера* съ механической посадкой на сѣдло.

1891 г., № 22. Насосы гор. *Mannheim* подаютъ 6700 куб. мт. въ сутки; $D=280$, $S=900$, $c=0{,}8-1{,}26$; $h_2=94$.

1892 г., № 53. Насосы гор. *Aachen*, $c=0{,}66$, $n=18$.

1893 г., № 22. Насосы американской системы *Gaskill*, которую употребляютъ болѣе 370 городовъ въ Америкѣ.

№ 22. Статья проф. *Ридлера* объ американскихъ водопроводахъ и насосахъ. Водоснабженіе гор. *Newton*, $Q_1=800$, $h_2=72$, $l_2=5600$, $c=1{,}28$, $n=37{,}7$.

№ 23. Насосы гор. *Boston*, исполненные зав. *Leavitt*: результаты опытовъ—0,6 кг. угля на 1 эффективную силу.

1894 г., № 46. Насосы гор. *Prag*, $Q_1=500$, $N=122$, $n=36$, $D=285$, $S=1000$, $c=1{,}2-2$; расходъ пара на 1 индикат. силу въ часъ—7,4 *кг.*; $h_1=4{,}3$, $h_2=79{,}5$.

1895 г., № 23. Насосы для водоснабженія гор. *Москвы*. Въ *Мытищахъ*—$N=110$, $n=72$, $c=1{,}83$, давленіе пара 12 атм., расходъ его на 1 индикат. силу въ часъ 6,34 кг.; получена продуктивность насосовъ въ видѣ 122.500.000 фунто-футовъ работы на 100 фунт. нефти. Въ *Алексѣевскомъ* — $N=180$, $n=60$, $c=1{,}83$; расходъ пара на 1 индикат. силу въ часъ — 6,26 кг.; получена продуктивность въ видѣ 163.000.000 фн.-фт. работы на 100 фн. нефти.

1895 г., № 41. Статья по вопросу о водоснабженіи городовъ въ Америкѣ. Въ ней приводятся данныя относительно заданія величины Q_1. Для городовъ, гдѣ $Ж$ = или болѣе 5000, *Lueger* рекомендовалъ задаваться расходомъ воды отъ 60 до 120 *lt* на человѣка въ сутки, а *Rankine*—125 *lt*. Въ дѣйствительности же теперь оказывается существующею слѣдующая норма расхода воды въ различныхъ городахъ Европы:

Берлинъ	125 *lt*.	Глазговъ	230 *lt*.
Лондонъ	135 »	С.-Петербургъ*)	246 »
Мюнхенъ	150 »	Гамбургъ	278 »

Во многихъ американскихъ городахъ эти цифры расхода воды встрѣчаются до 300 *lt* при $Ж$ = 150.000 и даже до 450 *lt* при $Ж$ = 300.000.

1898 г., №№ 8, 9 и 10. Водоснабженіе гор. *St.-Gallen* (въ Швейцаріи): $h_1 = 3{,}5$; $h_2 = 311$, $l_2 = 9{,}7$ километра; $n = 60$, $c = 2$, $N = 210$. Машины бр. Зульцеръ тройного расширенія, $p = 11{,}5$ атм.; расходъ пара на 1 индикат. силу въ часъ 5,2 — 5,7 кг.; 1 кг. кокса даетъ работу 350.000 кг.-мт. Коэф. полезнаго дѣйствія насоснаго устройства (т.-е. отношеніе дѣйствительной работы машины къ индикаторной) = 0,81.

1898 г., № 10. Водоснабженіе гор. *Witten*: $N = 165$, $n = 50$, $c = 1{,}8$; $h_2 = 84$, коэф. полез. дѣйствія насоснаго устройства 0,885; при 5 атм. давленія 1 кг. пара даетъ работу 29.000 кг.-мт., а при 8 атм— 32.000 кг.-мт.

1898 г., № 10. Водоснабженіе города *Ulm*: $D = 230$, $S = 760$, $n = 65$, $c = 1{,}65$; $h_2 = 48$; коэф. полезн. дѣйствія насоснаго устройства 0,86; на 1 эффективную силу тратится 9,6 кг. пара въ часъ; при 6 атм. давленія 1 кг. пара производитъ работу 28.000 кг.-мт.

1898 г., № 51. Новое водоснабженіе города *Берлина*: $Q_1 = 7200$, $c = 1{,}65$; $h_2 = 26$; расходъ каменнаго угля на 1 эффективную силу въ часъ отъ 1,11 до 1,21 *кг*. Машины были исполнены берлинскимъ зав. *Mehlis & Behrens* по типу компаундъ съ горизонт. цил. и клапаннымъ распредѣленіемъ пара ($p = 6$ атм.).

Въ виду столь высокаго расхода топлива этой водокачкой, отмѣтимъ, что одна изъ балансирныхъ машинъ стараго берлинскаго водопровода была построена въ 70-хъ годахъ извѣстнымъ зав. *Simpson & Co* и сдана съ расходомъ угля на 1 эффект. силу въ часъ, 0,846 кг. или 1,88 *lbs* (см. *Engineering*, 1870. oct. 7, стр. 260) и съ продуктивностью въ 100 милліоновъ фунто-фут. на 100 фунт. угля. Машина была построена также по типу компаундъ для преодолѣнія напора до 32 фут. Рабочее давленіе пара было 32 прусск. фунта (37 рус. фунт.) на кв. дм.; $N = 120$.

1899 г., № 1. Водоснабженіе Breitensee (предмѣстье Вѣны) $Q_1 =$ $= 8000$ куб. мт. въ часъ, $n = 40$, $c = 1$ мт., $h_2 = 33$, $N = 56$. Гарантированъ расходъ пара на 1 эффективную силу въ часъ = 9 кг., полу-

---

*) См. *Труды III-го водопроводнаго съѣзда*, статья инженеръ-технолога М. Н. Алтухова.

ченъ 8,04; гарантированъ расходъ угля для подъема 100 куб. мт. воды въ 28 кг., полученъ расходъ = 18 кг.

б. Статьи другихъ журналовъ:

Nowak's Skizzen-Buch, 1889, тетрадь 11-я — насосы водопровода въ Миланѣ.

Uhland's pract. Maschinen-Constructeur, 1888, № 2 — $Q_1 = 200$, $n = 25$, $c = 0{,}66$.

в. Въ моемъ ***Атласѣ насосовъ*** помѣщены чертежи насосовъ для водоснабженія гор. ***Москвы***: на табл. 19, 20, 22, 23, 37, 38, 39, 46, 47, 48 — полная деталировка насосовъ, поставленныхъ въ 1888 г. (подача 58000 вед. въ сутки, $D = 190$, $S = 560$, $n = 90$, $c = 1{,}68$); на табл. 42, 43, 44 — проектъ устройства и расположенія машинъ на новомъ московскомъ водопроводѣ, представленный на конкурсъ въ 1890 г. заводомъ Густава Листа въ Москвѣ.

На табл. 36 — чертежъ водопроводныхъ насосовъ въ городахъ Килѣ и Хальберштадтѣ, $D = 185$, $S = 650$, $n = 60$, $c = 1{,}3$.

На табл. 51 — чертежи насосныхъ цилиндровъ съ водопроводовъ въ *Севастополѣ* и *Biel* (Швейцарія).

Два типа насосовъ для водоснабженія жел. дор. станцій помѣщены на табл. 5, 6, 61, 62.

г. Въ работѣ ***Colyer-Pumps and pumping machinery***, 1892 г., помѣщены чертежи англійскихъ водопроводныхъ машинъ, но самые чертежи очень мелки, дурно исполнены и знакомятъ по преимуществу съ устарѣвшими устройствами.

д. При брошюрѣ *Турчиновича — Водоснабженіе гор. С.-Петербурга* имѣется атласъ ***эскизовъ*** всѣхъ насосовъ Петербургскаго водопровода, а въ самой брошюрѣ дано описаніе машинъ и сообщены нѣкоторые результаты опытовъ съ ними.

е. Въ ***Бюллетеняхъ Политехническаго Общ.*** за 1893—94 гг. № 5 (статья Е. Э. Бромлей) и за 1895—96, № 1 (статья Н. Ф. Бѣлевича-Станкевича) помѣщены данныя относительно работы насосовъ на новомъ московскомъ водопроводѣ (съ тройнымъ расширеніемъ пара).

ж. Историческія данныя по разработкѣ вопроса о конструктивномъ устройствѣ машинъ для водоснабженія городовъ можно найти въ сочиненіяхъ:

Rühlmann. ***Allgemeine Maschinenlehre, Bd.*** IV, стр. 406.

Fanning. ***A pratical treatise on hydraulic and water-supply engineering. New-York, 1893.***

Б. Водопроводные насосы, приводимые въ дѣйствіе **турбинами** и **водостолбовыми машинами**:

а. Статьи ***Журнала общ. нѣмецк. инженеровъ*** (съ чертежами насосовъ).

1888 г., № 29. Насосная станція гор. ***Chaux de Fonds***, ***Ж***$= 25.000$, $D = 113$, $S = 500$, $c = 1{,}12$; двигатель—турбина ***Жирара*** на горизонтальномъ валу; $h_2 = 490$ *mt*.

1895 г., № 23. Новая насосная станція гор. *Remscheid*, $Q_1=200$, $h_2=174$. $D=180$. $S=650$, $c=1.3$: двигатель—турбина.

№ 36. Водоснабженіе 10 городовъ съ числомъ жителей до 1500 челов., гдѣ двигателемъ была водостолбовая машина. Напоръ воды для нея былъ отъ 8 до 15 мт., напоръ воды въ насосахъ — 85 — 238 мт. Коэф. полезнаго дѣйствія устройства найденъ былъ отъ 0,55 до 0,88, а при водяныхъ колесахъ и турбинахъ встрѣчается—0,48 до 0,65. Въ статьѣ разобрана и экономическая сторона подобныхъ устройствъ.

б. Въ моемъ **Атласѣ насосовъ** на табл. 74 — 80 даны чертежи насосовъ *Женевскаго водопровода*, приводимыхъ въ движеніе отъ турбинъ: $h_2=50$ и 150. $Q_1=39$, 53 и 92 куб. мт. въ часъ.

Первая городская водокачка съ водяными колесами, какъ двигателемъ, *на континентѣ* была построена въ 1818 г. въ Ганноверѣ ($c=1,75$ фут. въ сек.), вторая — въ 1863 г. для гор. Парижа, а третья — въ 1877 г. для гор. Цюриха (подробное описаніе—см. у *Ruehlmann*, *Bd. IV*, стр. 432 — 440). *Въ Америкѣ* 1-я городская водокачка съ водяными колесами была пущена въ ходъ еще въ 1822 г. въ Филадельфіи, съ 1851 г. и тамъ перешли на турбины (*Журн. Общ. нѣм. инж.*, 1893 г., № 22).

В. Водопроводные насосы, приводимые въ дѣйствіе **газовыми, бензиновыми, керосиновыми** и друг. **двигателями**:

Статьи *Журнала общ. нѣмецк. инженеровъ*.

1888 г., № 28. Водоснабженіе военнаго лагеря отъ американскаго вѣтряного двигателя (съ разсчетомъ двигателя).

1895 г., № 11. Водоснабженіе нѣсколькихъ небольшихъ городовъ ($Ж=1000—16.000$) при помощи газовыхъ, бензиновыхъ и керосиновыхъ двигателей: $n=60-75$; $c=0,75-1,0$. При напорѣ въ 40 мт. получились результаты:

1 *кг.* кокса поднималъ до	7	куб. *мт.*	воды.
1 куб. *мт.* свѣтильнаго газа поднималъ до	9	» »	»
1 *кг.* бензина и керосина » »	12	» »	»

1896 г., № 12. Водоснабженіе гор. *Pyrmont* съ бензиновымъ двигателемъ въ 8 силъ: 1 *кг.* бензина давалъ работу 684.470 кг. мт.: $c=0.75$; $n=75$; 1 куб. мт. воды обходится 2,1 пфеннига (около 1 коп.).

№ 21. Водоснабженіе гор. *Basel*, двигатель съ газомъ *Dowson*, $N=160$, $h_2=90$, $Q_1=360$; на 1 эффективную силу тратилось 0,93 кг. кокса: 275.000 кг.-мт. работы на 1 *кг.* кокса.

Описаніе одной изъ американскихъ водокачекъ съ газовыми двигателями помѣщено въ журн. *Engineering News*, 1896, *may* 28, стр. 349: два насоса подаютъ въ сутки около 300 тысячъ вед. воды; *коэф. п. д.* всей установки *0,81*.

Первые опыты устройства городскихъ водокачекъ съ газовыми двигателями были сдѣланы въ Германіи около 1884 г. (см. *Eng. News*, 1895, № 13).

Данныя о примѣненіи электрическихъ насосовъ на американскихъ водокачкахъ можно почерпнуть въ жур. *Engineering News*, 1895, №№ 13. 14. 17. Выдержки изъ этихъ статей помѣщены въ послѣдующихъ главахъ.

22. **Артезіанскіе насосы** примѣняются для откачки изъ буровыхъ скважинъ воды или нефти, полученныхъ изъ-подъ водонепроницаемаго слоя. Жидкость находится въ трубѣ въ этомъ случаѣ подъ естественнымъ напоромъ ея. При откачкѣ жидкости уровень ея въ скважинѣ временно понижается болѣе или менѣе, а затѣмъ по прекращеніи откачки онъ снова поднимается до прежней своей высоты.

Буровая техника въ послѣдніе 20—25 лѣтъ достигла высокой степени совершенства, и работы въ этой области получили большое распространеніе. Безъ особыхъ затрудненій проходятъ въ настоящее время посредствомъ буренія весьма твердыя и мощныя горныя породы.

Нѣкоторыя изъ германскихъ и бельгійскихъ шахтъ имѣютъ глубину свыше 1300 мт. (около 650 саж.).

Буреніе на нефть достигло въ Галиціи глубины въ 350 саж., на Кавказѣ—около 250 саж.

Въ Харьковѣ вырытъ артезіанскій колодезь, доставляющій до 100,000 ведеръ воды въ сутки, которая бьетъ изъ-подъ мощныхъ мѣловыхъ пластовъ, съ глубины въ 310 саж. (660 мт.).

Общество городского водоснабженія въ Кіевѣ въ 1896 г. имѣло 8 буровыхъ колодцевъ, расположенныхъ на разстояніи 20 саж. одинъ отъ другого и доведенныхъ до второго подмѣловаго артезіанскаго горизонта (272 фут.): изъ этихъ 8 колодцевъ выкачивалось въ 1896 г. болѣе милліона ведеръ воды въ сутки *); поднимать воду изъ скважины приходилось только на высоту около 50 фут.

Въ окрестностяхъ города Гамбурга въ 1893 г. было вырыто 37 артезіанскихъ колодцевъ для водоснабженія фабрикъ и пивоваренныхъ заводовъ: всѣ они вмѣстѣ давали воды около 650 куб. мт. (до 52,000 вед.) въ часъ, наиболѣе сильный изъ нихъ доставляетъ до 120 кубич. мт. (около 10,000 вед.) въ часъ; глубина заложенія колебалась въ разныхъ мѣстахъ отъ 23 до 223 мт. (до 730 фут.): температура воды — около 11° *С* (*Журн. общ. нѣм. инж.*, 1893 г., № 32, стр. 984).

Смотря по роду притока воды къ артезіанской скважинѣ, колодцы устраиваются или съ фильтрами, или безъ оныхъ. Если вода притекаетъ изъ твердыхъ, необваливающихся породъ (напр., известняка и др.), то желѣзныя трубы, облицовывающія скважину, обыкновенно врѣзаютъ въ камень съ помощію стального башмака (фрезера) съ зубцами, а ниже ихъ скважина оставляется безъ трубъ и безъ фильтра. Въ случаѣ же полученія воды изъ водоносного песка, приходится провести чрезъ него фильтры, которые пропускаютъ воду и задерживаютъ песокъ.

Фильтръ состоитъ изъ желѣзной трубы съ просверленными на ней дырками (діам. отъ $^3/_8$ до $^1/_2$ дм.), на которую снаружи напаиваются

*) Труды III-го водопроводнаго съѣзда, стр. 265.

одна или двѣ мѣдныя сѣтки. Сообразно съ крупностью зерна у песка, выбирается тотъ или другой № сѣтки (число отверстій на 1 дм. длины возможно имѣть **20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 и 120**). Сѣтки обыкновенно напаиваются прямо на трубу однимъ продольнымъ швомъ. Профессоръ ***Войславъ,*** извѣстный спеціалистъ по буренію артезіанскихъ колодцевъ въ Россіи, на сверленую трубу наматываетъ сначала проволоку, а сѣтка напаивается уже поверхъ ея. Американскіе фильтры дѣлаются иногда мѣдными съ долевыми прорѣзами, на столько узкими, чтобы песокъ чрезъ нихъ проскочить не могъ, но эти мѣдные фильтры дороги и неособенно стойки по отношенію къ сопротивленію крученія, которое приходится испытывать фильтрамъ при постановкѣ ихъ на мѣсто.

Діаметръ скважинъ выбирается въ зависимости отъ количества потребной воды, отъ системы насоса, а также и отъ глубины свободнаго уровня воды въ скважинѣ. Когда говорятъ о діаметрѣ буровой (облицовочной) трубы, то всегда разумѣютъ при этомъ ***наружный діаметръ*** трубы. Діаметръ буровыхъ трубъ для воды встрѣчается въ Россіи отъ 4 до 24 дюймовъ, чаще всего $4^1/_2$, 6, 8, 10, 12 и 14 дм. Колодцы съ очень большимъ діам. трубъ считаются менѣе выгодными, какъ въ смыслѣ дороговизны первоначальнаго устройства, такъ и въ смыслѣ производительности.

Стоимость выполненія артезіанскаго колодца составляютъ два слагаемыя — стоимость работы буренія и стоимость трубъ. Что касается стоимости буренія, то, почти независимо отъ свойства проходимыхъ грунтовъ, она является функціею только первоначальнаго діаметра скважины и глубины ея; слѣдуетъ замѣтить вообще, что буреніе на значительной глубинѣ сопряжено съ немалыми трудностями и обходится довольно дорого. Желающихъ ознакомиться во всѣхъ подробностяхъ съ буровою техникою отсылаемъ къ спеціальному сочиненію ***Tecklenburg-Handbuch der Tiefbohrkunde,*** шесть томовъ, 1886—1896.

Уровень артезіанской воды въ скважинѣ стоитъ обыкновенно ниже поверхности земли. Инженеръ-механикъ ***Г. Ю. Миттельштедтъ,*** работающій спеціально по артезіанскому водоснабженію, сдѣлалъ наблюденіе, что вообще изъ 10 разрабатываемыхъ скважинъ, можетъ быть, одна дастъ воду *самоизліяніемъ*, а въ остальныхъ приходится добывать воду съ болѣе или менѣе значительной глубины.

Скважины съ большою глубиною свободнаго уровня воды въ нихъ считаются мало удобными для эксплоатаціи, такъ какъ въ нихъ слишкомъ часто случаются поломки насосныхъ штангъ.

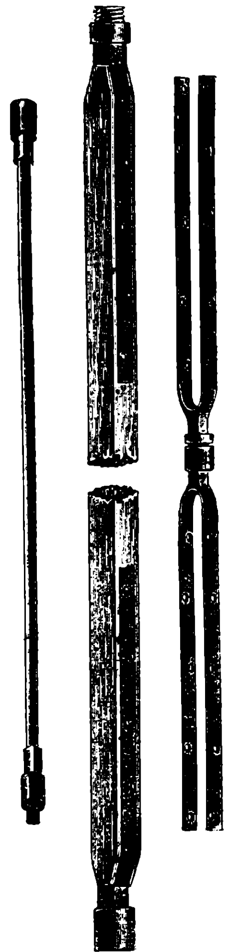
Производительность колодцевъ съ напорной водой бываетъ весьма различна, что зависитъ отъ крупности зерна водоноснаго слоя; напр., скважина съ *6* дм. діам. при глубинѣ въ 100 фут. можетъ дать и не болѣе 300 вед. воды въ часъ и болѣе 700 вед.

Для опредѣленія возможности устройства артезіанскаго колодца въ данной мѣстности, для опредѣленія глубины залеганія водоноснаго слоя и возможнаго уровня воды въ скважинѣ существуютъ спеціальныя карты,

разработанныя Геологическимъ Комитетомъ въ СПБ. Этими картами и руководятся тѣ лица, которыя занимаются буреніемъ артезіанскихъ колодцевъ, присовокупляя къ нимъ данныя изъ своего личнаго опыта. Въ Московскомъ районѣ, напр., спеціалисты могутъ указать еще до начала работъ и глубину скважины и уровень воды съ точностью до десятка футъ.

Буреніе производится у насъ большею частію или въ ручную, или съ помощію пара. Въ послѣднемъ случаѣ на скважинахъ отъ *6* до *10* дм. въ діам. можно пройти въ мѣсяцъ около 150 фут.

Качества воды изъ артезіанскихъ колодцевъ зависятъ отъ свойствъ тѣхъ водоносныхъ породъ, которыя питаютъ скважину. Вода изъ кварцевыхъ песковъ мягче, чѣмъ изъ породъ известковыхъ: чѣмъ глубже скважина, питаемая известковыми породами, тѣмъ большему давленію бываетъ подвержена вода, и тѣмъ болѣе она бываетъ насыщена солями извести: жесткость такой воды — отъ 12 до 28 нѣмецкихъ градусовъ. Микроорганизмовъ артезіанская вода не содержитъ, кислоты въ ней бываютъ въ видѣ слѣдовъ, поэтому она является отличной питьевой водой. Температура артезіанской воды довольно постоянна, круглый годъ около 7 — 8° *C*, рѣдко выше, поэтому такая вода весьма пригодна также и для разнаго рода фабричныхъ цѣлей, напр., для конденсаціи отработавшаго въ паровой машинѣ пара, для отбѣлки товара, для охлажденія прокатныхъ валовъ и проч.



Качка воды изъ артезіанскихъ колодцевъ дѣлается насосами разнообразныхъ системъ, но чаще всего ***поршневыми насосами.***

Если свободный уровень воды въ артезіанскомъ колодцѣ стоитъ на такой глубинѣ, что присасываніе воды къ цилиндру поршневаго насоса, расположеннаго внѣ скважины (на поверхности земли), дѣлается невозможнымъ, тогда прибѣгаютъ къ расположенію насоснаго цилиндра ***внутри*** самой скважины и приводятъ поршень въ движеніе болѣе или менѣе длинными ***штангами,*** отчего и насосы, примѣняемые въ такихъ случаяхъ, получили названіе ***штанговыхъ.*** Выполненіе штангъ должно быть хорошимъ и солиднымъ, чтобы избѣжать частыхъ поломокъ ихъ и остановокъ въ работѣ: всѣ соединенія отдѣльныхъ штанговыхъ частей должны быть возможно болѣе прочными и солидными, во избѣжаніе быстраго распатыванія ихъ: пригонка поршня къ цилиндру должна быть самая аккуратная, чтобы онъ не пропускалъ воды обратно: но въ то же время поршень не долженъ въ цилиндрѣ защемляться, чтобы не вызвать поломки штангъ.

Штанги выполняются желѣзными, а чаще стальными (діам. отъ $^3/_8$ до $1^1/_2$ дм.), иногда трубчатыми (полыми); въ Америкѣ употребляются также и деревянныя квадратныя штанги съ металлическими наконечниками (сторона квадратнаго сѣченія отъ 1 до $3^1/_2$ дм.).

Раціональное устройство насоса характеризуется тѣмъ, что въ періодъ главной работы у него штанги испытываютъ сопротивленіе растяженію, а не сжатію, т. е. воспринимаемое ими на себя сжимающее усиліе должно быть во много разъ менѣе растягивающаго.

Штанги поддерживаются въ своемъ движеніи отъ бокового выгиба какими-либо направляющими, разставленными одна отъ другой на длинѣ отъ 7 до 10 и болѣе фут. Всего раціональнѣе такіе направляющіе приборы, въ которыхъ треніе скольженія замѣнено треніемъ катанія.

Штанговые насосы приводятся въ дѣйствіе или отъ парового двигателя (паровой машины, локомобиля, фабричнаго привода), или отъ керосиноваго, или отъ электромотора.

Когда къ артезіанской водѣ бываетъ примѣшанъ песокъ, рабочія поверхности цилиндра и поршня разнашиваются до полной негодности весьма быстро, иногда для этого бываетъ достаточно нѣсколькихъ дней работы.

Въ такихъ случаяхъ большую пользу дѣлу приноситъ водоподъемникъ „*Мамутъ*“, работающій сжатымъ воздухомъ и не имѣющій въ соприкосновеніи съ водою никакихъ движущихся частей механизма (см. § 8). Предѣльная глубина откачки, до которой „*Мамутъ*“ работаетъ экономичнѣе штанговыхъ насосовъ, дана инженеръ-механикомъ *Миттельштедтомъ* *), на основаніи его опытовъ, въ 35 мт.; а при большей глубинѣ расходъ пара на работу „*Мамута*“ быстро увеличивается и превосходитъ таковой же при штанговыхъ насосахъ въ $2^1/_2$—4 раза (см. ***Бюллетени Политехнич. О-ва.*** 1897, № 5, стр. 2).

Изъ другихъ водоподъемниковъ для качки воды изъ скважинъ, отмѣтимъ еще вращательные насосы съ винтомъ на подобіе Архимедова. Ось винта совпадаетъ съ осью скважины и получаетъ непрерывное вращеніе отъ рабочаго вала. Одинъ изъ такихъ водоподъемниковъ успѣшно работаетъ на ситце-печатной фабрикѣ т-ва Э. Циндель въ Москвѣ.

Конструкціи поршневыхъ артезіанскихъ насосовъ будутъ описаны въ слѣдующей главѣ (см. §§ 35, 39, 52, 57, 61, 62, 68, 69).

Данныя относительно конструктивнаго устройства поршней и клапановъ артезіанскихъ насосовъ — см. у *Tecklenburg*, томъ IV, стр. 72, табл. X.

Чертежи и описаніе одной изъ установокъ артезіанскихъ насосовъ въ Кардифѣ можно имѣть въ журн. *Engineering*, 1894, *aug.* 17, *pg.* 244; подача $2^1/_2$ милліона галлоновъ въ сутки (болѣе 900.000 вед.); рабочіе напоры отъ 100 до 260 фут.; коэф. полезнаго дѣйствія установки 0,87.

---

*) Въ компаніи съ г. Матвѣевымъ имъ взята привилегія на особое устройство той части, которая вводитъ воздухъ въ водоподъемную трубу, а также и фильтра, очищающаго отъ масла воздухъ передъ поступленіемъ его въ скважину.

Примѣръ устройства водоснабженія одного небольшого американскаго города ($Ж = 5000$) при помощи артезіанскихъ насосовъ съ электрической передачей къ нимъ описанъ въ журн. *Engineering News*, 1895, *oct.* 3, № 14 (см. конецъ § 69).

23. **Шахтные насосы** употребляются для откачки воды изъ рудниковъ и глубокихъ шахтъ *). Различаютъ два вида шахтныхъ насосовъ: 1) одни изъ нихъ употребляются при углубленіи шахты и должны работать безъ всякаго фундамента, съ подвѣсомъ на цѣпи и нерѣдко съ перемѣнной длиной всасывающей трубы, 2) другіе же употребляются для подачи воды наружу съ опредѣленной глубины (изъ сборнаго бассейна) и могутъ быть устанавливаемы на неподвижныхъ фундаментахъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ приходится считаться съ болѣе трудными условіями для работы насоса, благодаря необходимости откачивать въ сутки большое количество воды, извлекая ее съ большой глубины, а потому въ такихъ случаяхъ обращается большое вниманіе и на экономичность работы насоса,—дѣлается выборъ наиболѣе совершеннаго двигателя, примѣняется конденсація пара, заботятся объ устраненіи вреднаго вліянія массъ движущихся тѣлъ (твердыхъ и жидкихъ) и т. п.

Шахтные насосы приводятся въ дѣйствіе или отъ парового двигателя или въ послѣднее время отъ электро-мотора. Наибольшее число установокъ—съ паровыми двигателями.

Паровые шахтные насосы на постоянномъ фундаментѣ до сихъ поръ строились трехъ типовъ:

I. Насосъ — въ шахтѣ, паровой цилиндръ — наружу, передача къ штангамъ отъ парового поршня или непосредственно или при помощи коромысла, но безъ маховика; работа—съ *паузами* послѣ каждаго рабочаго хода поршня.

II. Насосъ — въ шахтѣ, паровая машина — наружу, передача къ штангамъ—при помощи коромысла и легкаго маховика; работа—съ *паузами* послѣ каждаго рабочаго хода поршня, въ концѣ котораго шатунъ и кривошипъ устанавливаются маховикомъ, пройдя немного мертвую точку (система *Kley*).

III. Насосъ и паровая машина съ непрерывнымъ вращеніемъ вала находятся въ шахтѣ, котелъ—наружу, паропроводъ во всю глубину залеганія насоса.

---

*) Въ числѣ весьма глубокихъ шахтъ отмѣтимъ слѣдующія:

Шахта	въ	*Domnitz* около *Halle*	1001 мг.
„	„	*Offleben* въ Саксоніи	1052 „
„	„	*Linse* на Везэрѣ	1061 „
„	„	*Friedrichsaue* около Ашерслебена	1080 „
„	„	*Inovrazlaw*, провинція Позенъ	1104 „
„	„	*Sennewitz* около *Halle*	1111 „
„	„	*Probst-Jesar* въ Мекленбургѣ	1207 „
„	„	*Sperenberg* около Берлина	1271 „
„	„	*Usenburg* около Магдебурга	1293 „
„	„	*Lieth* въ Шлезв.-Голштиніи	1338 „
„	„	*Schladebach* въ Мекленбургѣ	1748 „

Интересныя подробности о буреніи послѣдней изъ указанныхъ шахтъ можно прочитать въ *Журн. общ. нѣмецк. инж.* 1889, № 7, стр. 159, а также въ сочиненіи *Tecklenburg*, томъ III, стр. 126 и томъ V, стр. 174.

Въ первыхъ типахъ насосовъ, представляющихъ собою въ общемъ тяжеловѣсное и мало экономичное устройство, столбъ нагнетаемой жидкости перемѣщается періодически, а въ третьемъ—непрерывно и съ мало измѣняющейся скоростью.

Машины III-го типа начали входить въ употребленіе съ 1876 г., и въ 1-хъ установкахъ скорость поршня была не болѣе 1.2 мт. въ сек. при *n* не болѣе 50 обор. въ минуту.

Заданія для выполненія шахтныхъ насосовъ бываютъ крайне разнообразны. Въ крупныхъ установкахъ расходъ воды бываетъ отъ 300 до 900 куб. мт. въ часъ (отъ 25,000 до 75,000 вед.), а высота подъема—отъ 200 до 600 мт. (до 300 саж.).

Съ исполненными устройствами шахтныхъ насосовъ можно познакомиться по нижеслѣдующимъ источникамъ:

Проф. И. А. Тиме. Справочная книга для горныхъ инженеровъ и техниковъ по горной части. СПБ., 1879. Сочиненіе даетъ много весьма цѣнныхъ данныхъ примѣнительно къ шахтнымъ насосамъ, установка которыхъ была сдѣлана болѣе четверти вѣка тому назадъ. Съ тѣхъ поръ и задачи, предложенныя горнымъ дѣломъ машиностроенію, во многихъ случаяхъ значительно усложнились, и само машиностроеніе сдѣлало колоссальные успѣхи *).

Съ новѣйшими установками паровыхъ шахтныхъ насосовъ можно ознакомиться по статьямъ въ ***Журн. общ. нѣм. инж.***, снабженнымъ превосходными чертежами и весьма поучительнымъ текстомъ, составленнымъ большею частію извѣстными знаменитостями въ дѣлѣ построенія насосовъ, напр., профессоромъ ***Ридлеромъ***, инженеромъ ***Tobell*** и друг. Перечень этихъ статей таковъ:

1883 г., табл. 1, 20, 29, 30.

1885 г., № 1; **1886** г., стр. 898, 951; **1887** г., №№ 5, 6 и 15.

1888 г., № 22. Подземныя машины: 1) $Q_1 = 15 - 24$, $h_2 = 70$, $n = 50 - 75$; 2) $D = 150$, $S = 1000$, $n = 50$, $c = 1{,}66$; 3) $Q_1 = 300$, $h_2 = 145$, $D = 210$, $S = 800$, $n = 50$, $c = 1{,}33$.

№ 23. Подземная маш. $D = 98$, $S = 700$, $h_2 = 250$.

№ 24. Тоже: 1) $Q_1 = 300$, $h_2 = 300$, $n = 60$, $c = 2{,}0$; 2) $Q_1 = 240$, $h_2 = 232$, $n = 60$, $c = 1{,}4$; 3) $Q_1 = 120$, $h_2 = 520$, $n = 60 - 100$, $c =$ до 2.33.

1889 г., №№ 48 (сист. Kley) и 49 (обыкнов.) при $h_2 =$ отъ 293 до 513, $c = 0{,}8 - 1.0$.

1890 г., № 22. Подземныя маш. $Q_1 = 900$, $h_2 = 300$.

1892 г., № 17. Тоже, съ дифференціальнымъ поршнемъ, $n = 50$, $c = 0.83$.

1893 г., №№ 32—33. Американскіе надземные паровые шахтные насосы—со штангами и непрерывнымъ вращеніемъ вала и подземные съ электрической передачей работы.

---

*) Мы слышали, что печатается II-е изданіе этой книги.

1897 г., № 46. Данныя объ установкахъ шахтныхъ насосовъ, сдѣланныхъ зав. *Erhardt & Sehmer* въ періодъ 1877—1897.

1898 г., № 49. Насосная станція на 800 силъ съ электрической передачей (рабочее $n = 200$, пробное въ теченіе нѣсколькихъ недѣль $n_1 = 300 - 340$).

1899 г., №№ 2 и 3. Шахтные насосы, приводимые въ дѣйствіе водостолбовыми машинами и электромоторами. Въ водостолбовыхъ насосахъ—$c =$ отъ 0,3 до 0,4; $n = 12 - 60$, коэф. полезнаго дѣйствія станціи до 0,7. Тамъ же сообщены интересные результаты многолѣтняго опыта фирмы *Haniel & Lueg* въ Дюссельдорфѣ надъ различными установками по отношенію къ расходу пара въ *кг.* на 1 эффективную силу въ часъ:

Шахтные насосы	надземные штанговые		11—12 *кг.*
» »	подземные при непрерывной работѣ	.	10,5 »
» »	при работѣ 12 час. въ сутки	...	12,5 »
» »	» » 6 » » »	...	16,5 »
» »	съ водостолбовыми двигателями	..	10 »
» »	съ электромоторами		10,65 »

Давленіе пара въ котлахъ этихъ установокъ было отъ 6 до 7 *атм.*, паровыя машины—съ двойнымъ расширеніемъ пара.

Первые шахтные насосы были исключительно ручные и конные, въ самомъ началѣ XVIII в. почти одновременно началось примѣненіе въ этомъ дѣлѣ на континентѣ водяныхъ колесъ, а въ Англіи—паровыхъ водоподъемниковъ *Савери* (съ 1702 г.).

24. **Заводскіе насосы низкаго давленія**. Сюда относятся разнообразныя устройства насосовъ, примѣняемыхъ на сахарныхъ заводахъ, пивоваренныхъ, винокуренныхъ, въ различныхъ химическихъ производствахъ, на писчебумажныхъ фабрикахъ, ткацкихъ, прядильныхъ, отбѣльныхъ, набивныхъ, аппретурныхъ и т. д. Перекачкѣ подлежатъ вода, кислые и щелочные растворы, различныя жидкости въ смѣси съ полутвердыми веществами (раздавленнымъ картофелемъ и т. п.) и твердыми (дубильныя вещества, сорный отстой и т. д.). Высота напора рѣдко превышаетъ 40—80 мт. (18—35 саж.), но данныя относительно суточной подачи жидкости и условій распредѣленія ея по времени бываютъ въ высшей степени разнообразны; къ этому присоединяются разныя требованія относительно конструкціи, относительно способа приведенія насоса въ движеніе, относительно установки его въ помѣщеніи опредѣленныхъ размѣровъ, стѣсненныхъ или по всей площади, или только въ ширину, относительно утилизаціи отработавшаго въ насосѣ пара (на подогрѣвъ жидкостей, отопленіе фабрики) и т. д.

Ходовые діаметры поршня:

3 3½ 4 4½ 5 6 7 8 9 10 12 14 16 18 20 22 24 дюйма.

Соотвѣтственныя величины хода поршня

6 8 10 12 14 16 18 24 30 36 дюймовъ.

Отношеніе хода къ діаметру поршня встрѣчается около

$1\frac{1}{2}$ $1\frac{3}{4}$ 2 $2\frac{1}{4}$ $2\frac{1}{2}$ $2\frac{3}{4}$ 3 $3\frac{1}{2}$ 4.

Число оборотовъ насоснаго вала въ минуту

въ ручныхъ насосахъ .	не болѣе	40
» приводныхъ »	»	75
» паровыхъ »	»	60—150.

При высотѣ напора не болѣе 75 фут. (25 мт.) наиболѣе быстроходные американскіе заводскіе насосы строятся для слѣдующихъ скоростей:

Ходъ S .	5	6	7	12	18	24	дюйм.
Оборот. n . .	125	125	125	100	70	60	въ мин.
Скорость пор-	1,74	2,08	2,44	3,33	3,5	4	фут.
шня c въ сек.	0,53	0,64	0,74	1,02	1,07	1,22	метр.

Встрѣчающіеся расходы жидкости здѣсь колеблются отъ 100 до 50,000 вед. въ часъ.

Наиболѣе многочисленный рядъ насосовъ этого класса исполняется въ видѣ ***паровыхъ насосовъ***. Машиностроительные заводы, которые заграницею спеціально занимаются постройкою такихъ насосовъ, группируютъ ихъ обыкновенно на ***легкіе***, ***средніе***, ***тяжелые*** и ***самые тяжелые***, приспособляя размѣры ихъ (независимо отъ конструкціи) къ различнымъ максимальнымъ высотамъ подъема жидкости и къ различному давленію рабочаго пара. По отношенію къ высотамъ подъема установлены, примѣрно, такія градаціи:

	100	300	600	1000	фут.
или	30	90	180	300	мт.,

а по отношенію къ рабочему давленію пара:

	70	100	120	фунт. на кв. дм.
или	4,5	6,5	8	атм.

Сообразно съ этимъ назначается и максимальная рабочая скорость и пробное давленіе для всѣхъ частей насоса.

Чертежи насосовъ для большаго заводскаго водоснабженія (целлюлознаго зав. и содоваго зав.), исполненныхъ зав. бр. Зульцеръ, можно найти въ ***Журн. общ. нѣм. инжен.*** 1890 г., № 25 — $Q_1 = 550$ и 2000, $c = 1{,}8$, $h_2 = 35$.

Въ моемъ ***Атл. насосовъ*** помѣщены чертежи заводскихъ насосовъ на табл. 3, 4, 7, 9, 10, 12, 13, 18, 24, 25, 26, 27, 33, 34, 35, 49, 50, 52, 54, 76.

25. **Заводскіе насосы высокаго давленія.** Къ этой группѣ относятся насосы, которые строятся на давленіе болѣе *10 атм.* и выпол-

няются не съ поршнями, а со скалками и внѣшними сальниками. Такіе насосы примѣняются для питанія гидравлическихъ прессовъ (для прессованія хлопка, табаку, чая, для выжимки масла изъ сѣмянъ и т. п.), для питанія разрывныхъ машинъ, гидравлическихъ аккумуляторовъ *), съ которыми работаютъ дыропробивныя и клепальныя машины, машины для выгиба и обрѣза листовъ, гидравлическіе домкраты, краны, подъемники съ клѣтками, въ которыхъ перемѣщаются изъ одного этажа въ другой люди и товаръ, и т. д.

Аккумуляторы для различныхъ гидравлическихъ работъ и насосныя станціи для нихъ строятся для предѣльныхъ давленій, измѣняющихся, примѣрно, въ слѣдующей градаціи:

10 25 50 75 100 150 200 300 400 атм.

Для фабричныхъ грузоподъемниковъ и крановъ употребляются преимущественно аккумуляторы съ давленіемъ до 50 и 75 атм., рѣже до 100 атм. При подъемѣ клѣтки на высоту до 100 фут. (30 мт.) могутъ быть развиваемы такія скорости:

для подъема товаровъ . . . . . 120 фут. (36 мт.) въ минуту
» » людей . . . 180—300 фут. (55—90 мт.) въ мин.

Для питанія аккумуляторовъ съ давленіемъ до 150 атм. употребительны насосы съ діаметромъ плунжера

$1^1/_2$ 2 $2^1/_2$ 3 $3^1/_2$ дюйма

при ходѣ плунжера — 6 — 12 — 24 дюйма. Размѣры парового цилиндра бываютъ при этомъ

8 9 10 12 14 16 18 дюйм.

Для питанія аккумуляторовъ съ давленіемъ 200—400 атм. строятся насосы съ діам. плунжера и менѣе указанныхъ выше, а именно:

$1^1/_4$—1—$^3/_4$ дм.

Этотъ отдѣлъ насосовъ весьма часто выполняется съ перемѣннымъ расходомъ жидкости въ мин.: съ большимъ расходомъ — при маломъ и среднемъ напорѣ и съ малымъ расходомъ при большомъ напорѣ. Измѣненіе расхода жидкости, подаваемой насосомъ, дѣлается тремя различными способами:

а) комбинаціею двухъ или трехъ плунжеровъ, работающихъ поочередно отъ одного и того же шатуннаго механизма (см. ***Атласъ насосовъ***, таб. 63, фиг. 1 и 2);

б) измѣненіемъ числа оборотовъ шатуннаго механизма помощію поочередно работающихъ двухъ или трехъ зубчатыхъ передачъ съ разнымъ отношеніемъ чиселъ зубцовъ;

---

*) Гидравлическій аккумуляторъ изобрѣлъ *Armstrong* въ 1843 г., а гидравлическій прессъ—*Brahma* въ 1795 г. (*Z.d.V.d. Ing.*, 1888, № 41).

в) измѣненіемъ длины размаха плунжера путемъ измѣненія или длины кривошипа (см. ***Атл. нас.*** таб. 58), или длины ведущаго плеча у коромысла.

Число оборотовъ кривошипнаго вала у такихъ насосовъ измѣняется отъ 5 до **40** въ минуту при секундной скорости плунжера до **40—60** мм.

Насосы для питанія прессовыхъ цилиндровъ разрывныхъ машинъ, употребляемыхъ для испытанія матеріаловъ, строятся на давленіе до **100** атм. при разрывающемъ усиліи до 50 *tn* (**3000** пуд.) и на давленіе до **150** атм. при усиліи до **500** *tn* (**30.000** пуд.).

Чертежи и описаніе насосовъ высокаго давленія съ электромоторами, установленныхъ на содовомъ заводѣ ***Сольве и*** K^0. въ Бернбургѣ, можно найти въ ***Журн. общ. нѣм. инжен.*** 1899 г., № 3, стр. 60— $Q_1=75$, удѣльн. вѣсъ разсола 1,2; высота напора качаемой жидкости 440 мт., соотвѣтственная высота водяного столба—528 мт., $n=48$ обор. у насоса, $n_1=215$ у электромотора, между ними—зубчатая передача; $c=0{,}96$; цилиндръ, поршень и клапаны—изъ фосфористой бронзы.

Данныя относительно установки на заводѣ *Vickers* въ Шеффильдѣ гидравлическаго пресса на 8000 *tn* давленія и вспомогательныхъ при немъ механизмовъ помѣщены въ *Engineering*, 1897, *nov.* 5, *pg.* 555 (діам. паров. цил. 50 дм., насоснаго 5 дм., общій ходъ 60 дм.).

Насосная установка (съ газовыми двигателями) для питанія аккумуляторовъ въ гор. Бирмингамѣ (давленіе 700 *lbs* на кв. дм.) описана въ *Engineering*, 1892, *febr.* 12—26, *pg.* 197—254.

Чертежи насосовъ для гидравлическихъ прессовъ и машинъ-орудій можно найти въ слѣдующихъ изданіяхъ:

Журн. общ. нѣм. инж., **1890**, № 35; **1891**, № 19; **1892**, № 18; **1893**, № 36; **1895**, № 15, стр. 431. Насосы на 350 атм., построенные для зав. *Krupp*; $Q_1=25$, $n=50—75$, $c=1{,}7—2{,}5$.

Oppermann. Portf. économ., 1872, № 8, pl. 35 (усиліе 90 *tn*).

Технич. Сборн., 1891, № 4, стр. 174.

Атласъ насосовъ моего изданія, тбл. 2 и 63.

Uhland's pract. Maschinen-Constr., 1887, № 9, Taf. 52: $D=18$ и 27, $S=27$, давленіе—250 атм., передача—эксцентриками.

Эскизы подобныхъ насосовъ (между прочимъ и данныя относительно устройства и работы гидравлическихъ аккумуляторовъ) можно найти также въ сочиненіи *Colyer—Hydraulic, steam and hand power lifting and pressing machinery, London*, 1892, *II-d. edition.*

Описаніе и эскизы насосовъ для гидравлическихъ ковочныхъ прессовъ силою до 3000 *tn* можно найти въ журн. *The Engineer*, 1898, *febr.* 4, *pg.* 99.

Гидравлическія машины арсенала въ *Woolwich* и насосы къ нимъ описаны въ *Engineering*, 1894, *apr.* 27: паровая часть—по типу компаундъ, на 200 силъ; насосы двойного дѣйствія, подача 300 галлон. въ мин. подъ давленіемъ 800 *lbs* на кв. дм.

Крупная насосная установка для 24 элеваторовъ въ *St.-Louis* описана въ журн. *Engineering News*, 1895, *dec.* 12, № 24, стр. 386: давленіе въ аккумуляторахъ до 2000 *lbs* на кв. дм. (около 135 атм.); рабочее давленіе пара 125 фунт.; средняя скорость поршней паровыхъ и насосныхъ 5 ф. 4 д. въ сек. (1,65 мт.); паровая часть машины— по типу компаундъ (цил. высок. давл. $D_1 = 13$ дм., 2 цил. низк. давл.— $D_2 = 20$ дм., общій ходъ поршней 2 фут.); насосы тройного дѣйствія— $D = 4^5/_{16}$ дм. Расходъ пара на индикаторную силу въ часъ **11.1** *кг.* (24,7 *lbs*).

КЛАССИФИКАЦІЯ НАСОСОВЪ

въ зависимости отъ производительности ихъ за время одного оборота поршня или вала.

26. **Производительность насосовъ простого, двойного, тройного и четверного дѣйствія.** Если F будетъ рабочая площадь поршня въ *кв. мт.*, а S—полный размахъ или ходъ поршня въ *мт.*, тогда каждый размахъ поршня будетъ сопровождаться увеличеніемъ или уменьшеніемъ объема рабочей камеры насоса на F. S. куб. мт. При увеличеніи объема рабочей камеры будетъ происходить *присасываніе* жидкости насосомъ, а при уменьшеніи объема ея—*нагнетаніе* жидкости насосомъ въ напорный резервуаръ (въ бакъ, котелъ, аккумуляторъ и т. д.). Чередованіе періодовъ всасыванія и нагнетанія можетъ быть осуществлено въ насосѣ весьма различными способами въ зависимости отъ числа рабочихъ камеръ у насоса и способа ихъ использованія.

За время одного оборота поршня или насоснаго вала вся подача жидкости насосомъ въ простѣйшемъ случаѣ можетъ быть равна F. S куб. мт., не обращая пока вниманія на возможныя потери жидкости отъ неплотностей въ поршнѣ, клапанахъ и друг. причинъ. Такой насосъ наз. *насосомъ простого дѣйствія*.

Другой насосъ, при той же площади поршня и размаха у него, будетъ подавать за то же самое время $2.F.S$, это будетъ *насосъ двойного дѣйствія*; третій насосъ подастъ за то же время $3.F.S$, это—*насосъ тройного дѣйствія* и т. д.

27. **Характерные признаки различныхъ конструкцій насосовъ.** Идея устройства насоса съ дѣйствіемъ простымъ, двойнымъ, тройнымъ и т. д., можетъ быть осуществлена и дѣйствительно осуществляется въ практикѣ при помощи весьма разнообразныхъ конструкцій, простыхъ и сложныхъ, обладающихъ каждая своими выгодными и невыгодными особенностями, цѣнными въ одномъ случаѣ и совсѣмъ нежелательными въ другомъ. Поэтому и появленіе столь громаднаго разнообразія въ конструкціяхъ насосовъ, какое наблюдается въ настоящее время, съ одной стороны объясняется разнообразіемъ въ требованіяхъ, которыя предъявляются къ насосу въ зависимости отъ его назначенія, а съ другой разнообразіе конструкцій явилось, какъ необходимое слѣдствіе конкурренціи машиностроительныхъ заводовъ между собою, заставившей ихъ поработать надъ изысканіемъ устройствъ, болѣе практичныхъ, болѣе производительныхъ, болѣе дешевыхъ въ исполненіи массовымъ спосо-

бомъ. Послѣднее ставится обыкновенно такимъ образомъ, что одна и та же деталь съ удобствомъ можетъ быть какое угодно число разъ повторена заводомъ въ разнообразныхъ комбинаціяхъ, имѣющихъ каждая свои цѣнныя особенности и право на существованіе.

Разобраться во всей массѣ конструкцій, имѣющейся уже теперь въ наличности и могущей явиться въ будущемъ, возможно лишь при помощи классификаціи, отмѣчая всѣ характерные признаки каждаго изъ устройствъ и дѣлая имъ оцѣнку.

Такими характерными признаками для каждой конструкціи, кромѣ ея *производительности*, являются еще слѣдующіе:

1) число *поршней* у пасоса,

2) число *сальниковъ*,

3) минимальное число *клапановъ*, съ которымъ насосъ можетъ работать, легкость и доступность ихъ осмотра и замѣны,

4) размѣры всасывающихъ и нагнетательныхъ *трубъ*,

5) степень *равномѣрности подачи* жидкости насосомъ въ магистральныя трубы,

6) большая или меньшая *сложность* передаточнаго *механизма* между валомъ насоса и его поршнями,

7) большая или меньшая приспособленность насоса къ работѣ съ большой *скоростью* безъ усиленнаго изнашиванія его рабочихъ частей,

8) *компактность* всего устройства,

9) приспособленность конструкціи къ исполненію ея на заводѣ *массовымъ способомъ* и болѣе дешевыми механическими пріемами,

10) приспособленность конструкціи къ удобной и дешевой *эксплуатаціи* и къ простому, дешевому *ремонту*,

11) приспособленность конструкціи къ свободному *пропуску жидкости* чрезъ рабочую камеру насоса *кратчайшимъ путемъ*,

12) приспособленность конструкціи къ наивыгоднѣйшему распредѣленію въ ней *нагрузокъ*, сгибающихъ и крутящихъ *моментовъ*, снашивающихся *поверхностей* и т. п.

Число поршней и сальниковъ, какъ деталей, подверженныхъ изнашиванію и разстройству, должно быть въ насосѣ вообще небольшимъ, и всякое увеличеніе числа ихъ говоритъ не въ пользу той конструкціи, которая этого требуетъ.

То же самое относится и къ клапанамъ; опорная поверхность у нихъ выбивается съ теченіемъ времени, и они начинаютъ послѣ того пропускать жидкость обратно послѣ каждой своей посадки на мѣсто.

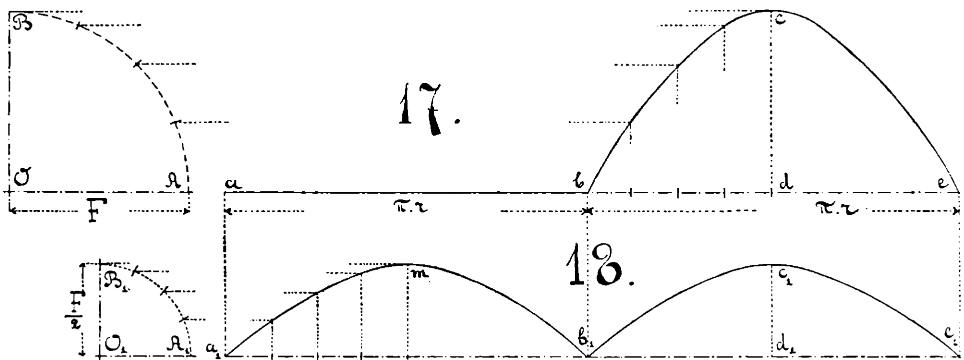
Степень неравномѣрности подачи жидкости изъ насоса въ магистральную трубу и размѣры послѣдней находятся въ прямой зависимости отъ графика скоростей (см. § 12), который необходимо знать для каждаго насоснаго устройства. Максимальная скорость прохода жидкости можетъ быть найдена только при помощи этого графика, или аналитическимъ разсчетомъ, что выходитъ однако всегда гораздо сложнѣе.

Важное значеніе всѣхъ другихъ перечисленныхъ выше признаковъ понятно само собою.

Насосы простого дѣйствія.

28. **Принципіальное различіе между группами этого класса насосовъ** возможно обнаружить при разсмотрѣніи ихъ графика скоростей (см. § 12). Существуютъ три группы этихъ насосовъ:

I-я группа. Присасываніе жидкости къ рабочей камерѣ насоса и нагнетаніе ея изъ рабочей камеры въ напорный резервуаръ здѣсь чередуются, т. е. оба періода (всасыванія и нагнетанія) занимаютъ каждый половину всего времени работы насоса. Графикъ объемовъ и скоростей для этой группы насосовъ въ періодъ нагнетанія построенъ на **фиг. 17** (согласно съ данными § 12 и фиг. 16): здѣсь прямая *abe* въ данномъ масштабѣ представляетъ длину окружности, описываемой центромъ пальца у кривошипа; *ab*—графикъ объемовъ нагнетаемой жидкости въ теченіе 1-го размаха поршня, или 1-го полуоборота вала; видно, что въ это время нагнетанія жидкости вовсе не происходитъ; *bce* — графикъ объе-



мовъ въ теченіе 2-го размаха поршня, или 2-го полуоборота вала. Площадь, ограниченная кривою *bce*, графически будетъ выражать величину объема $q = F.S$, который будетъ описанъ поршнемъ при полномъ его размахѣ. Вмѣстѣ съ тѣмъ наибольшая ордината *cd* этого графика будетъ представлять собою *max* скорости поршня (въ одномъ масштабѣ) и *max* скорости перемѣщенія жидкости въ нагнетательной трубѣ (въ другомъ мастшабѣ). При такомъ видѣ графика максимальная скорость будетъ болѣе средней на 57% (см. ф-лу **11** въ § 13).

Совершенно такой же видъ графика будетъ и для періода всасыванія въ этой группѣ насосовъ, причемъ никакого различія по существу дѣла не получимъ, если прямая *ab* и не будетъ предшествовать кривой *bce*, а будетъ слѣдовать за нею.

Пусть обозначаютъ:

F и c —площадь поршня и средняя скорость перемѣщенія имъ жидкости въ цилиндрѣ или рабочей камерѣ насоса,

F_1 и v_1—площадь прохода и средняя скорость движенія жидкости во всасывающей трубѣ.

F_2 и v_2—площадь прохода и средняя скорость движенія жидкости въ нагнетательной трубѣ.

Допуская неразрывность движенія столба жидкости во всасывающей и нагнетательной трубѣ, согласно съ графикомъ фиг. 17 должны имѣть:

$$F.c = F_1.v_1 = F_2.v_2 \qquad \textbf{16}.$$

Если $c = v_1 = v_2$ . . . . . $F = F_1 = F_2$

Трубы насосовъ этой группы встрѣчаются часто разсчитанными совершенно неправильно, упуская изъ вида, что перемѣщеніе жидкости по трубамъ занимаетъ не все время работы насоса, а только половину его. Такая неправильность въ разсчетѣ ведетъ къ увеличенію скорости прохода жидкости *вдвое*, а сопротивленіе движенію жидкости въ трубѣ возрастетъ при этомъ *вчетверо.*

II-я группа. Присасываніе жидкости къ рабочей камерѣ насоса дѣлается такъ же, какъ и въ предыдущей группѣ, т. е. при одномъ только ходѣ поршня (по графику фиг. 17). Нагнетаніе жидкости изъ рабочей камеры въ напорный резервуаръ происходитъ совершенно одинаково въ оба хода (по графику **фиг. 18**). Этимъ достигается наиболѣе равномѣрное перемѣщеніе жидкости въ нагнетательной трубѣ, наименьшее развитіе силъ инерціи жидкаго столба и наиболѣе спокойная работа насоса. Опредѣленіе размѣровъ трубъ должно слѣдовать по формуламъ:

$$\left.\begin{array}{r} F.c = F_1.v_1 \\ 0,5.F.c = F_2.v_2 \end{array}\right\} \qquad \textbf{17}.$$

Сравненіе ф-лъ **16** и **17** показываетъ, что, если у насосовъ I-й и II-й группы нагнетательная труба будетъ выполнена съ одинаковымъ діаметромъ, скорость нагнетанія здѣсь будетъ вдвое менѣе, чѣмъ въ 1-мъ случаѣ.

Какъ извѣстно, ***высота напора, выражающая сопротивленіе движенію жидкости въ трубѣ, прямо пропорціональна квадрату количества жидкости, пропускаемой чрезъ трубу въ единицу времени и обратно пропорціональна пятой степени діаметра трубы.*** Поэтому оставляя діаметръ нагнетательной трубы одинаковымъ у насосовъ I-й и II-й группы, мы получимъ уменьшеніе потерянной высоты напора для II-й группы вчетверо противъ I-й. Но въ насосѣ II-й группы приходится преодолѣвать этотъ потерянный напоръ 2 раза за время одного оборота вала, т. е. при каждомъ размахѣ поршня, поэтому въ общемъ ***потерянный напоръ отъ тренія жидкости въ нагнетательной трубѣ въ насосахъ II-й группы будетъ вдвое менѣе, чѣмъ въ насосахъ I-й группы*** при одинаковыхъ размѣрахъ трубъ.

Эта разница можетъ оказать большое вліяніе на величину коэффиціента полезнаго дѣйствія насосной станціи, если нагнетательная вѣтвь будетъ имѣть значительную длину. Насосы второй группы должны быть при этомъ рекомендованы по преимуществу.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда въ насосахъ II-й группы будетъ допустимо имѣть ту же величину потеряннаго напора, какъ и въ насосахъ I-й группы, діаметръ нагнетательной трубы d_2 въ 1-мъ случаѣ можно имѣть менѣе d_1 для 2-го случая. Соотношеніе между ними опредѣлится изъ равенства потерянныхъ напоровъ:

$$Q^2 : d_1^5 = 2 . \left(\frac{Q}{2}\right)^2 : d_2^5, \text{ откуда}$$

$$d_1^5 = 2 . d_2^5, \text{ или } d_2 = 0{,}87 . d_1,$$

что соотвѣтствуетъ выигрышу въ вѣсѣ трубъ отъ 18 до 20%.

III-я группа. Въ ней процессы всасыванія и нагнетанія трубъ—въ обратномъ порядкѣ, чѣмъ во II-й группѣ, т.-е. нагнетаніе происходитъ только при одномъ размахѣ поршня (графикъ фиг. 17), а всасываніе въ оба хода поршня (графикъ фиг. 18). Примѣненіе насосовъ этой группы должно ограничиваться только тѣми исключительными случаями, когда нагнетательная вѣтвь трубы коротка, а всасывающая имѣетъ весьма значительную длину *).

29. **Сравнительная оцѣнка насосовъ простого дѣйствія всѣхъ трехъ группъ,** на основаніи предыдущаго, можетъ быть охарактеризована данными таблицы 1-й:

ТАБЛИЦА 1-я.

Группа насоса простого дѣйствія.	При скорости поршня, = 1, *max* скорости въ трубѣ достигаетъ.		Сколько разъ повторяется *max* скорости въ трубѣ при 1 оборотѣ вала.	
	Въ нагнетательной трубѣ.	Во всасывающей трубѣ.	Въ нагнетательной трубѣ.	Во всасывающей трубѣ.
I	1.57	1.57	1	1
II	0.78	1.57	2	1
III	1.57	0.78	1	2

Въ дальнѣйшемъ намъ предстоитъ разсмотрѣть конструкціи насосовъ простого дѣйствія всѣхъ трехъ группъ поочереди. Послѣ вышеприведенныхъ разъясненій можно будетъ уже не повторять о существенномъ различіи между ними, обращая вниманіе только на другіе характерные признаки ихъ.

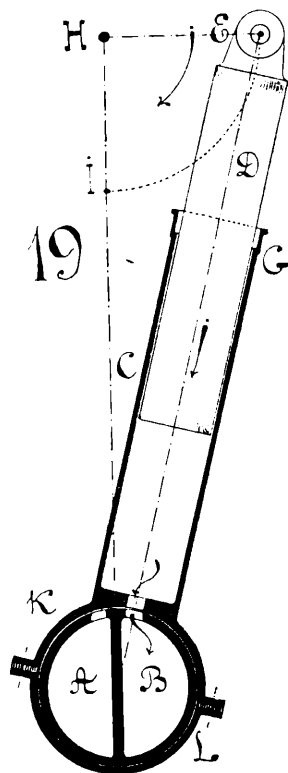
*) См. указанія на подобные примѣры въ § 7.

a. Насосы простого дѣйствія I-й группы.

Полъоборота — всасываніе жидкости и полъоборота — нагнетаніе ея.

1. Насосы безъ клапановъ.

30. **Модель завода бр. Бромлей.** Схема устройства этого насоса изображена на **фиг. 19.** *AB*—труба, внутренность которой перегородкою раздѣлена на два независимыя отдѣленія, изъ нихъ одно сообщено со всасывающей трубой, а другое съ нагнетательной. Снаружи труба аккуратно обточена и по обѣ стороны перегородки имѣетъ два продолговатыхъ прямоугольныхъ отверстія совершенно одинаковыхъ размѣровъ; ширина отверстій, измѣряемая на внѣшней окружности поперечнаго сѣченія трубы, равна разстоянію между смежными кромками отверстій. Съ цилиндромъ *C* труба *AB* соединяется парою вращенія: она образована полукольцевымъ дномъ цилиндра *K* и хомутомъ *L*, свернутыми между собою на фланцахъ, между которыми заводятся прокладки надлежащей толщины. Въ днѣ цилиндра *C* имѣется совершенно такое же по величинѣ и по формѣ очертанія продолговатое отверстіе, какъ и на трубѣ *AB*: цилиндръ аккуратно расточенъ по всей длинѣ и снабженъ вверху сальникомъ *G*. Плунжеръ *D* верхней своей головкой *E* хватается непосредственно или за палецъ кривошипа или за шейку колѣнчатаго вала *HE*: геометрическая ось этого вала должна быть строго параллельна оси трубы *B*. Такимъ образомъ этотъ насосъ будетъ работать съ сокращеннымъ шатуннымъ механизмомъ (безъ особаго ползуна). Всѣ части механизма представлены на схемѣ въ такомъ положеніи, когда ось кривошипа *HE* стоитъ подъ прямымъ угломъ къ плоскости *HI*, содержащей въ себѣ ось вала *H* и ось трубы *AB*. Въ это время ось цилиндра *C* уже весьма близка къ наибольшему отклоненію вправо отъ вертикали: послѣднее будетъ имѣть мѣсто въ тотъ моментъ, когда ось кривошипа станетъ подъ прямымъ угломъ къ оси цилиндра. Поставленныя на чертежѣ стрѣлки показываютъ, что кривошипъ и плунжеръ опускаются, и вода изъ цилиндра переходитъ въ отдѣленіе *B*, которое должно быть поэтому соединено съ нагнетательной трубой. Послѣ небольшого отклоненія оси цилиндра вправо начнется возвращеніе ея къ вертикальному (среднему) положенію и уменьшеніе размѣровъ площади для пропуска воды. Когда центръ пальца кривошипа займетъ свое нижнее положеніе *I*, и плунжеръ *D* будетъ также въ самомъ нижнемъ своемъ положеніи,



въ это время каналъ на днѣ цилиндра будетъ стоять какъ разъ противъ перегородки у трубы **AB**, а цилиндръ будетъ разобщенъ съ обоими отдѣленіями этой трубы. Затѣмъ начнется подъемъ плунжера, ось цилиндра **C** начнетъ отклоняться влѣво отъ вертикали, тотчасъ же послѣдуетъ сообщеніе цилиндра **C** съ отдѣленіемъ **A** и присасываніе жидкости въ цилиндръ.

Возрастаніе величины площади проходного отверстія и сокращеніе ея совпадаютъ съ соотвѣтственными измѣненіями скорости поршня, и періоды сообщенія цилиндра **C** съ обоими отдѣленіями **A** и **B** чередуются совершенно правильно, такъ что подобный насосъ можетъ работать и безъ клапановъ. Но это упрощеніе конструкціи сопровождается такими серьезными недостатками описаннаго механизма, которые дѣлаютъ невозможнымъ примѣненіе этого насоса ни при большомъ количествѣ перекачиваемой жидкости, ни при большой скорости работы, ни при сорныхъ жидкостяхъ.

Главнѣйшіе недостатки этого устройства слѣдующіе:

а) Все время работы насоса плунжеръ **D** и цилиндръ **C** находятся въ состояніи сгибанія и выгибъ ихъ дѣлается поочередно то въ одну сторону, то въ другую. Это вредитъ ихъ крѣпости, а главное — вызываетъ быстрое, неправильное и неравномѣрное разнашиваніе этой поступательной пары, передающееся главнымъ образомъ на элементы опорной поверхности, прилегающіе къ плоскости **EHI**, въ которой движется ось цилиндра, и на верхнюю часть цилиндра вообще.

б) Изнашиваніе вращательной пары **AB** — **KL** происходитъ здѣсь также неправильно. Въ періодъ всасыванія и нагнетанія жидкости, т.-е. все время работы насоса, полукольцевое дно **K** цилиндра бываетъ нажато исключительно на верхнюю часть трубы, гдѣ опорная поверхность въ самомъ нужномъ мѣстѣ уменьшена еще площадями проходныхъ каналовъ. Благодаря этому, труба **AB** снашивается только сверху, быстро утрачиваетъ свою цилиндрическую форму, соединеніе между частями **AB** — **KL** дѣлается негерметичнымъ, а некруглая форма сѣченія изношенной трубы **AB** не позволяетъ плотнѣе замкнуть пару вращенія безъ того, чтобы не вызвать между элементами пары излишняго тренія, которое только ускоряетъ дальнѣйшее разстройство механизма и понижаетъ коэффиціентъ полезнаго дѣйствія его.

в) Изнашиваніе трубы **AB** только въ верхней ея части и являющееся слѣдствіемъ этого негерметичное соединеніе частей **AB** — **KL** дѣлаютъ возможнымъ иногда сообщеніе между собою отдѣленій **A** и **B**, что вредно отзывается на производительности насоса.

При качаніи этимъ насосомъ воды невполнѣ чистой (съ пескомъ, иломъ) и при большой скорости работы, описанные недостатки этой конструкціи особенно сильно должны давать себя чувствовать.

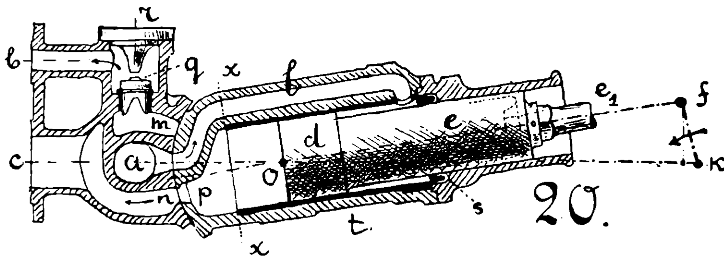
Конструктивный чертежъ этого насоса помѣщенъ въ моемъ ***Атласѣ насосовъ*** на табл. 64 при $D = 32$ и $S = 50$ *мм.* Насосъ приводится

въ движеніе отъ руки за рукоять. Для большой успѣшности работы отъ одного вала приводятся въ движеніе 3 плунжера. Въ компактности и простотѣ этому устройству во всякомъ случаѣ отказать нельзя.

31. **Модель Крёбера** (*Kroeber*). Съ кинематической точки зрѣнія насосъ *Кребера* ничѣмъ не отличается по существу дѣла отъ предыдущаго насоса *Бромлей*, но при конструктивномъ выполненіи здѣсь удалось устранить нѣкоторые существенные недостатки послѣдняго. На **фиг. 20** мы имѣемъ схему устройства насоса *Кребера*, приводимаго въ дѣйствіе отъ водостолбовой машины съ вращательнымъ движеніемъ ея цилиндра.

На схемѣ (фиг. 20) обозначаютъ:

k — центръ вала насоса и водостолбовой машины,
t — ихъ общій цилиндръ,
o — проекція геометрической оси, около которой цилиндръ вращается на шипахъ,
fk — ось кривошипа, изображенная на схемѣ подъ прямымъ угломъ къ оси цилиндра,
d, *e* — поршень и его массивный штокъ,
l — боковой каналъ у цилиндра,
m, *a*, *n* — распредѣлительная коробка; правая сторона ея ограничена вогнутою цилиндрическою поверхностію, которая соприкасается къ таковой же на лѣвомъ днищѣ цилиндра: обѣ эти поверхности концентричны съ осью шиповъ *O* и аккуратно одна къ другой пригнаны:



a — труба, которая приводитъ воду въ цилиндръ съ небольшой высоты, но въ достаточномъ количествѣ,
m, *b* — нагнетательная труба насоса, поднимающаго воду на значительную высоту,
n, *c* — труба, отводящая воду, отработавшую въ водостолбовой машинѣ въ періодъ нагнетанія насоса.

Всѣ части насоса представлены на схемѣ въ тотъ моментъ, когда окна у трубъ *a* и *n* вполнѣ раскрыты, вода каналомъ *l* подъ небольшимъ напоромъ входитъ въ правую часть цилиндра, въ кольцевое пространство, образующееся между штокомъ *e* и цилиндромъ *t*. Этого не-

большого давленія на поршень справа налѣво вполнѣ достаточно, чтобы вызвать перемѣщеніе поршня и произвести изъ лѣвой части цилиндра выталкиваніе отработавшей тамъ воды въ трубу *nc*. По мѣрѣ приближенія оси кривошипа *fk* къ линіи *ok*, представляющей собою среднее положеніе оси цилиндра при ея движеніи въ пространствѣ, окна для впуска и выпуска воды постепенно закрываются; они будутъ совершенно закрыты въ тотъ моментъ, когда кривошипъ станетъ вдоль оси цилиндра по направленію одной прямой. Но такъ какъ ширина оконъ, считаемая въ плоскости вращенія цилиндра, совершенно точно равна ширинѣ промежутковъ между ними, поэтому при дальнѣйшемъ движеніи кривошипа, когда ось цилиндра начнетъ отклоняться внизъ отъ горизонтали *ok*, каналъ *l* будетъ сообщенъ съ *m*, а отверстіе *p* съ трубою *a*: вода изъ трубы *a*, входя, подъ небольшимъ напоромъ, въ лѣвую часть цилиндра, будетъ давить на полную площадь поршня *d* и будетъ выдавливать воду изъ правой части цилиндра каналомъ *l* по трубѣ *mb* въ напорный резервуаръ. Такимъ образомъ видно, что та часть жидкости Q_1, которая поступаетъ въ лѣвую часть цилиндра, совершаетъ работу нагнетанія, затѣмъ выходитъ каналомъ *pn* наружу и теряется послѣ этого безслѣдно; а другая часть жидкости Q_2, которая входитъ въ правую часть цилиндра и гонитъ поршень справо налѣво, будетъ подана затѣмъ въ напорный резервуаръ и представляетъ собою именно то количество жидкости, которое подаетъ насосъ при одномъ размахѣ поршня. Отношеніе $Q_1 : Q_2$ будетъ равно отношенію рабочихъ площадей у поршня слѣва и справа; въ то же время оно будетъ подходить довольно близко къ отношенію высоты нагнетанія h_2 воды насосомъ и рабочей высоты напора h_1, подъ которымъ жидкость вступаетъ въ водостолбовую машину. Въ практикѣ ***Кребера*** бывали примѣры устройства такихъ насосовъ при $h_1 =$ отъ 8 до 45 мт. и $h_2 =$ отъ 85 до 238 мт. соотвѣтственно *).

Сумма $Q_1 + Q_2$ представляетъ здѣсь полный расходъ воды на работу водостолбовой машины.

Чтобы отдѣлить каналъ *m* отъ нагнетательной трубы *b* и не воспринимать на шипы *O* давленія со стороны напорнаго резервуара въ то время, когда каналы *l* и *m* разобщены, поставленъ клапанъ *q*, хотя работа насоса свободно могла бы совершаться и безъ него. Введеніе этого клапана способствуетъ повышенію коэффиціента полезнаго дѣйствія всего устройства.

Пара вращенія между днищемъ цилиндра и коробкой *man* выполнена здѣсь незамкнутою, что позволяетъ, какъ именно нужно, устанавливать трущіяся поверхности одну относительно другой, перемѣщая вкладыши опорныхъ подшипниковъ, на которые опираются шипы *O*. Излишняго нагруженія и быстраго снашиванія этой пары вращенія тутъ не происходитъ, вслѣдствіе особыхъ свойствъ всего этого устройства. Распредѣленіе давленій на рабочія поверхности происходитъ здѣсь совершенно своеобразно слѣд. образомъ:

---

*) См. *Журн. общ. инж. инж.* 1895, № 36, стр. 1069.

Въ періодъ нагнетанія жидкости въ напорный резервуаръ, давленія на обѣ стороны поршня почти одинаковы, валъ *k* почти совершенно разгруженъ, а цилиндръ *t* своимъ днищемъ не только не нажатъ излишне на коробку *mn*, но существуетъ даже небольшое давленіе, отжимающее днище цилиндра отъ коробки и передающееся на шипы *o* слѣва направо, такъ какъ каналы, сообщающіеся съ *m* и *a*, оба находятся слѣва отъ оси *o*.

Въ періодъ наполненія цилиндра водою справа, валъ *k* испытываетъ небольшое давленіе справа налѣво, а цилиндръ *t* съ небольшою силою опять отходитъ слѣва направо, а не наоборотъ.

Такимъ образомъ въ этой кострукціи главное давленіе воспринимается все время опорами шиповъ *o*. Но чрезмѣрнаго нагруженія этихъ шиповъ здѣсь не происходитъ, и размѣры ихъ опредѣляются только условіями крѣпости, слѣдовательно, моментъ тренія, который придется преодолѣвать при вращеніи цилиндра *t*, здѣсь будетъ далеко не такъ великъ, какъ въ системѣ *Бромлей*.

Правые вкладыши у опоръ для шиповъ *a* снабжаются установительными клиньями или нажимными винтами.

Въ цилиндръ *t* вставлена смѣнная бронзовая одежда въ видѣ втулки; окончательная расточка ея дѣлается уже послѣ постановки на мѣсто.

Правая часть цилиндра сдѣлана отъемною, чтобы имѣть возможность заводить поршень въ цилиндръ и поставить кольцо *Брама s*. Въ большихъ машинахъ предпочтительнѣе было бы раздѣлять цилиндръ на 2 части по линіи *xx*. Это позволило бы производить расточку цилиндра *t* и его вставной втулки въ лучшихъ условіяхъ, слѣдить за очисткою канала *l* послѣ отливки и наблюдать за правильнымъ выполненіемъ его размѣровъ.

Въ **1895** г. насосы *Kroeber* съ водостолбовыми машинами были примѣнены на станціяхъ водоснабженія въ **10** небольшихъ нѣмецкихъ городахъ съ числомъ жителей отъ 400 до 1500 человѣкъ, потребности которыхъ въ водѣ оцѣнивались 50—87 *lt* (4—7 вед.) въ день на каждую душу. Средняя стоимость первоначальнаго устройства водоснабженія обходилась до **72** марокъ на человѣка, а годовой расходъ на воду со стороны каждаго лица былъ въ 4 марки при стоимости **1** куб. мт. воды отъ **28** до **10** пфениговъ *).

Въ осуществленныхъ устройствахъ діаметръ цилиндра былъ

60 **80** **100** **120** **160** и **200** мм.,

ходъ поршня — отъ **110** до **275** при числѣ оборотовъ вала въ минуту отъ 55 до 36, что соотвѣтствуетъ среднимъ скоростямъ поршня отъ **0,2** до **0,33** мт. въ сек.

Полная величина коэффиціента полезнаго дѣйствія всей машины при опытахъ въ различныхъ условіяхъ была найдена отъ 0,55 до 0,88 **).

*) *Журн. общ. нѣм. инж.*, 1895, № 36.

**) При другихъ водяныхъ двигателяхъ (турбинахъ и водяныхъ колесахъ) полная величина коэф. полезнаго дѣйствія колеблется отъ 0,48 до 0,65, причемъ для двигателя коэф. полезн. дѣйствія измѣняется отъ 0,6 до 0,75, а для насоса отдѣльно отъ двигателя—отъ 0,8 до 0,87.

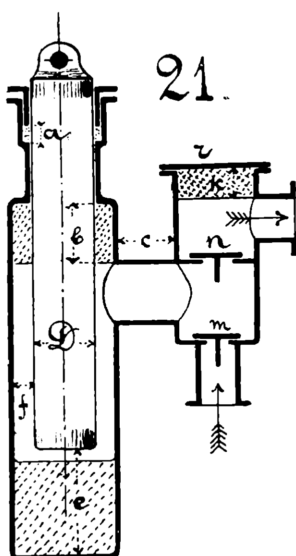
2. Насосы съ двумя клапанами.

32. **Схема устройства № 1** показана на **фиг. 21:** насосъ скальчатый, клапаны (на всасывающей трубѣ *m* и на нагнетательной *n*) оба расположены въ общей коробкѣ. Осмотръ ихъ дѣлается чрезъ крышку *r*. Нижній изъ клапановъ дѣлается въ такомъ случаѣ нѣсколько меньшихъ размѣровъ и проносится на свое мѣсто сверху чрезъ отверстіе для клапана *n*. Эскизъ нарочно составленъ не конструктивно, чтобы здѣсь же было возможно отмѣтить вредное значеніе нѣкоторыхъ размѣровъ устройства.

Плунжеръ находится въ самомъ нижнемъ положеніи, а между тѣмъ до дна цилиндра остается еще громадное разстояніе *e*; покрытая штрихами часть пространства подъ скалкою могла бы и не существовать: ею увеличивается безъ надобности только вредный объемъ, въ которомъ тоже необходимо дѣлать разрѣженіе воздуха.

Трубу, соединяющую клапанную коробку съ цилиндромъ, надо было поставить такъ высоко, чтобы размѣръ *b* былъ = нулю, иначе въ цилиндрѣ будетъ застаиваться воздухъ, и разрѣженіе никогда не будетъ достигнуто вполнѣ.

Чтобы устройство было легче и компактнѣе, размѣръ *k* могъ бы быть менѣе, но бѣды отъ этого нѣтъ, если онъ и существуетъ: тогда надъ клапаномъ *n* будетъ расположена воздушная подушка, сдерживающая ударное дѣйствіе струи о неподвижный столбъ воды при началѣ каждаго нагнетательнаго періода. При высокихъ напорахъ, наоборотъ, будетъ полезно развить размѣръ *k*, поставивши на мѣсто крышки *r* воздушный нагнетательный колпакъ.



Размѣръ *c* безъ надобности развивать не слѣдуетъ, чтобы не увеличивать того объема, въ которомъ нужно дѣлать разрѣженіе въ періодъ всасыванія. По той же причинѣ и размѣры *e* и *f* должны быть доведены до *min*. Величина *e* можетъ быть назначена въ 5—10 мм.; а размѣръ *f* долженъ дать площадь кольцевого сѣченія для прохода воды, не меньшую площади сѣченія самой скалки, для чего достаточно имѣть выполненнымъ $f = D : 4$, гдѣ D — діаметръ нырка.

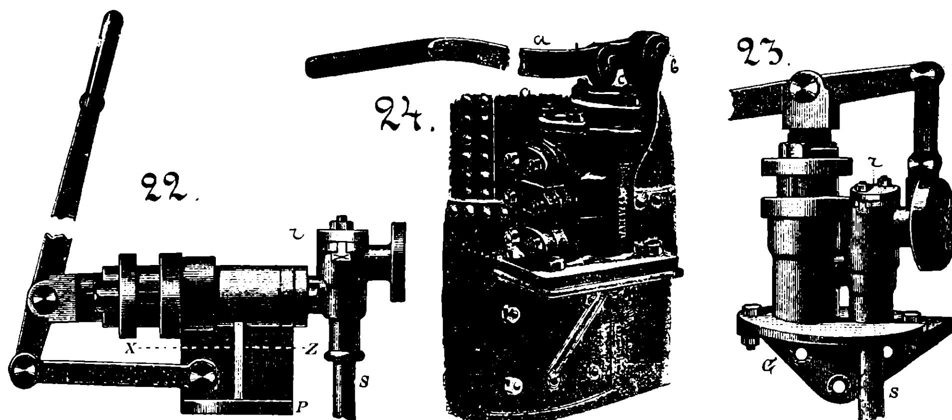
По этой схемѣ строится весьма большое число насосовъ, причемъ клапаны могутъ быть расположены и въ двухъ разныхъ коробкахъ, каждая со своей отдѣльной крышкой для осмотра клапановъ.

33. **Устройства насосовъ, осуществленныя по схемѣ № 1.** Въ 1-й разъ по этой схемѣ насосъ былъ выстроенъ *Morland'омъ* въ 1674 г.

фиг. 22—24 изображаютъ различныя модели современныхъ намъ ручныхъ питательныхъ насосовъ.

На **фиг. 22**—ось цилиндра горизонтальна: самъ цилиндръ отлитъ въ одномъ цѣломъ съ основной плитой *P*; оба клапана въ одной коробкѣ, которая привернута къ дну цилиндра справа; для осмотра обоихъ клапановъ надо снимать крышку *r*, отвернувъ пару гаекъ на соединительныхъ балтахъ; *s* — всасывающая труба; сѣченіе стойки по линіи *xz*—крестообразное. Неудобство конструкціи—выгибъ плунжера при дѣйствіи усилія, прикладываемаго къ рукояткѣ не параллельно оси плунжера, и необходимость преодолѣвать добавочную работу тренія.

На **фиг. 23** — та же конструкція, только ось цилиндра вертикальна, и клапанная коробка отлита съ цилиндромъ въ одномъ цѣломъ.



Главное неудобство конструкцій, изображенныхъ на фиг. 22 и 23, устранено въ конструкціи, представленной на **фиг. 24**: плунжеръ здѣсь пустотѣлый, открытый сверху и хорошо направляемый сальникомъ и расточенной частью цилиндра: рычагъ *a* соединяется шарнирно не прямо съ плунжеромъ, а съ вильчатою головкою стержня *c*, который въ свою очередь также шарнирно соединенъ съ плунжеромъ; отклоненіе оси стержня *c* отъ вертикали можетъ быть при этомъ доведено до *min* (см. фиг. 7 въ § 10): рычагъ *a* можетъ по желанію итти или справа налѣво или наоборотъ, т. е. болты *b* и *d* могутъ мѣняться своей ролью; *e*—флянецъ для всасывающей трубы, *h*—крышка для осмотра всасывающаго клапана; флянцемъ нагнетательной трубы можетъ быть или *f*, или *g*: если—*f*, то вмѣсто *g* будетъ слѣпой флянецъ и наоборотъ; для осмотра нагнетательнаго клапана во всякомъ случаѣ нуженъ отъемъ флянца *g*.

При 36 качаніяхъ въ минуту и свободномъ размахѣ плунжера въ 4 *дм.* такіе насосы могутъ свободно подавать

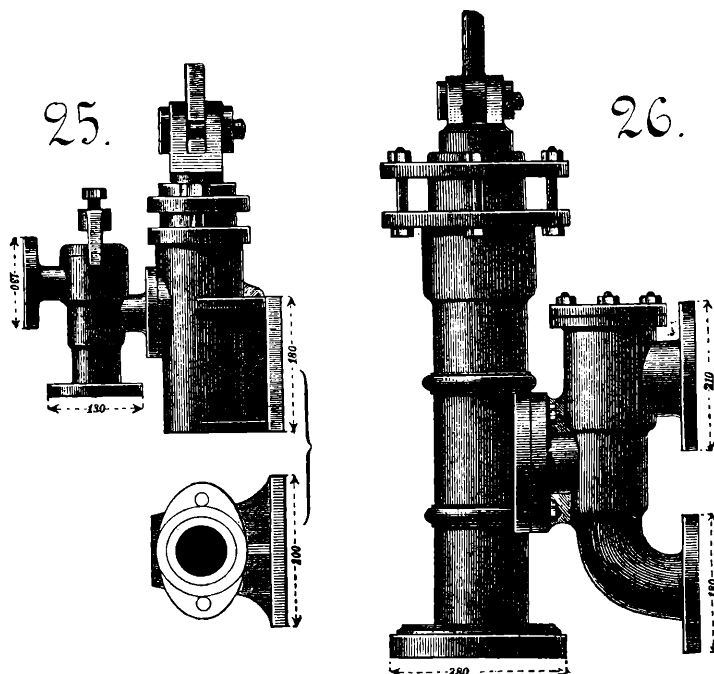
100 150 240 300 *lt* въ часъ.

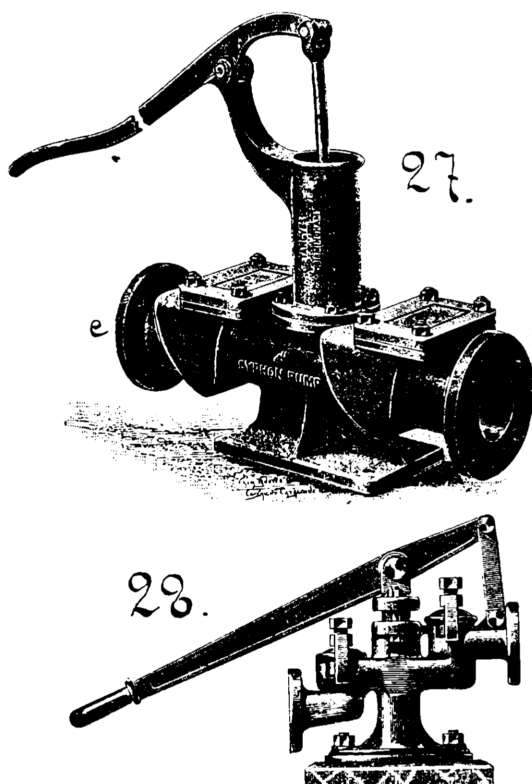
при діаметрѣ плунжера соотвѣтственно

1	$1^1/_4$	$1^1/_2$	$1^3/_4$	дм., или
26	32	38	45	мм.

Большая модель этого типа—съ такими размѣрами:

$D = 2^1/_2$ дм., $S = 5$ дм., $n = 30$, $Q = 600$ *lt* въ часъ.





На **фиг. 25** и **26**—двѣ модели подобныхъ же заводскихъ насосовъ для работы отъ привода; размѣры одной для плунжера 80×145 мм., а другой 130×260 мм.

На **фиг. 27** — модель ручного заводскаго насоса, приспособленная для перекачки сорныхъ и вязкихъ жидкостей, которыя не терпятъ рѣзкихъ поворотовъ жидкой струи; *e*—фланецъ для всасывающей трубы, *f*—для нагнетательной, *m* и *n*—коробки для соотвѣтственныхъ клапановъ, каждая со своей крышкой; рукоятка съ цилиндромъ могутъ быть установлены надъ трубами *ef* въ любомъ изъ нѣсколькихъ положеній.

На **фиг. 28**—еще одна модель ручного питательнаго насоса: клапанныхъ коробокъ здѣсь

двѣ, обѣ отлиты въ одномъ цѣломъ съ цилиндромъ; крышки клапанныхъ коробокъ поставлены на желѣзныхъ отъемныхъ скобахъ; осмотръ клапановъ дѣлается чрезвычайно легко и быстро; путь для воды кратчайшій, перемѣщеніе воздуха съ водою слѣва направо дѣлается свободно, но приведеніе въ дѣйствіе—нераціональнымъ способомъ.

По типу, изображенному на фиг. 28, часто строились прежде паровые насосы для водоснабженія городовъ; плунжеръ насоса нагружался такой величины грузами, чтобы ее было достаточно для преодолѣнія рабочаго напора; паровая сила употреблялась въ такомъ случаѣ только для поднятія плунжера, а опусканіе его совершалось вслѣдствіе тяжести. Одна изъ такихъ водокачекъ еще очень недавно работала, напр., въ Парижѣ *).

Что условія правильнаго конструированія такихъ простыхъ насосовъ еще очень недавно были недостаточно извѣстны даже и хорошимъ машиностроительнымъ фирмамъ въ Англіи, можно отмѣтить въ видѣ примѣра чертежи одного насоса, опубликованные въ 1885 г. въ журналѣ *Engineering* (*sept.* 18—25): расположеніе оси насоснаго цилиндра вертикальное; соединеніе цилиндра съ коробкой всасывающаго клапана сдѣлано вверху, а съ коробкой нагнетательнаго клапана насосный цилиндръ соединенъ въ самомъ низу. Такая нелѣпость комбинируется строителемъ ея съ примѣненіемъ двойного расширенія пара; діам. паровыхъ цилиндровъ 825 и 1500 мм., ходъ поршней 3050 мм., рабочее давленіе пара *двѣ* атм.; насосный плунжеръ имѣетъ діам. 660 мм. и ходъ 3050 мм.; число оборотовъ вала въ минуту = 8; рабочій напоръ — 76 мт.

Конструктивные чертежи насосовъ этой группы помѣщены въ моемъ *Атласѣ насосовъ* на табл. 2, 14, 16, 63.

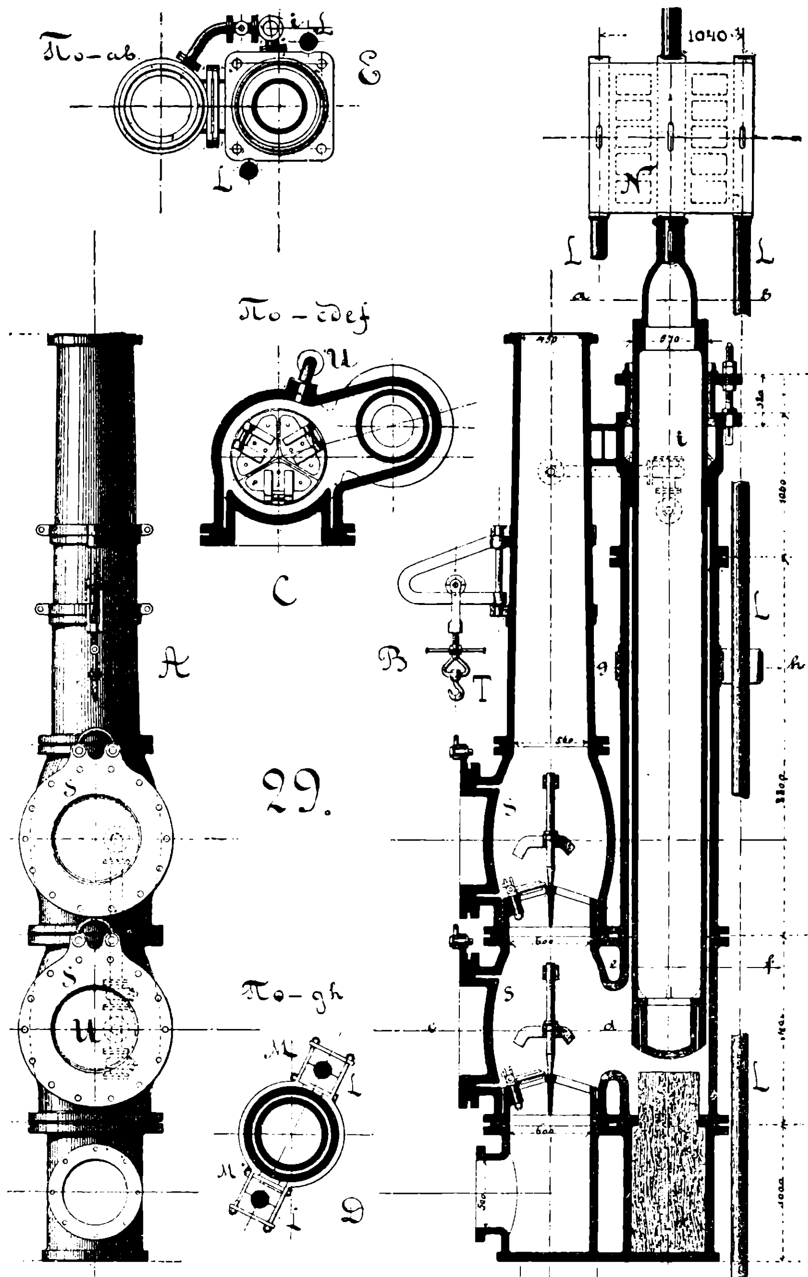
На табл. 2 — ручной скальчатый насосъ для гидравлическаго домкрата на 800 *tn* груза. Все устройство выполнено изъ дэльта-металла и удобно приспособлено къ перевозкѣ его на телѣжкѣ.

На табл. 14 (фиг. 3 и 4) изображена конструкція парового питательнаго насоса съ тѣмъ, чтобы показать, *чего дѣлать не слѣдуетъ*: валъ насоса имѣетъ одну только опору въ подшипникѣ, не имѣющемъ даже вкладышей; шатунный механизмъ воздѣйствуетъ на штокъ насосный и паровой съ порядочнымъ плечомъ, вводитъ чрезъ это добавочное треніе въ сальникахъ и вызываетъ неправильное изнашиваніе ихъ; воздушный колпакъ хотя и существуетъ, но поставленъ тамъ именно, гдѣ не слѣдуетъ, не на пути движенія воды изъ клапанной коробки вправо, а на противоположной сторонѣ; передача къ золотнику должна работать также съ перекосомъ частей.

На табл. 16 представленъ другой примѣръ съ отрицательными свойствами. Это питательный насосъ при 10-сильной паровой машинѣ. Чтобы не ставить на валу лишняго эксцентрика, къ насосу передается движеніе той же эксцентриковой тягой, которая двигаетъ и золотникъ. Само по

*) *Худяковъ. Сопротивленіе матеріаловъ*, стр. 166. Приведены главные размѣры машины, условія ея работы; описанъ случай поломки и ремонта у нея чугуннаго коромысла.

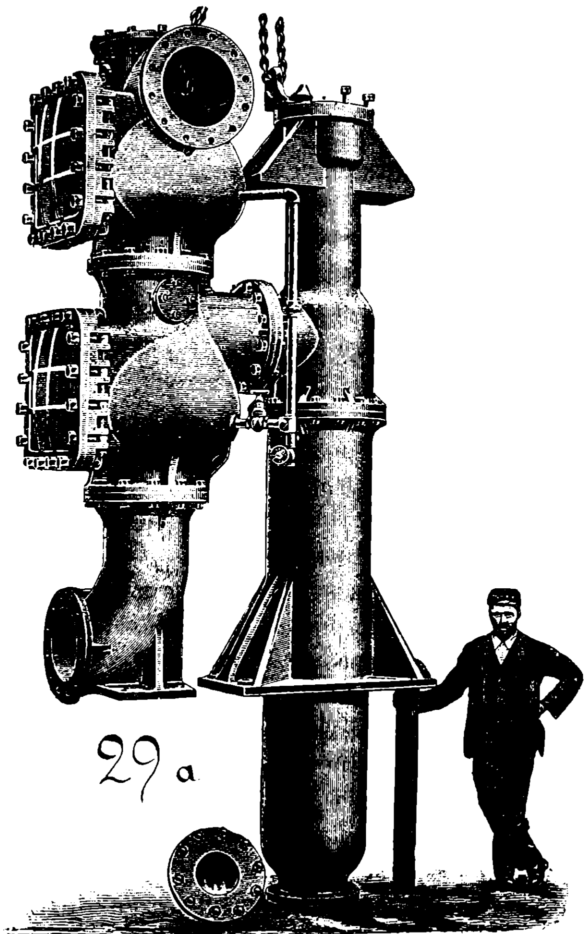
себѣ это соединеніе двухъ механизмовъ (точнаго — отъ распредѣлительнаго прибора для пара и грубаго отъ насоса), мало подходящихъ одинъ къ другому, не могло бы быть одобрено, но въ данномъ случаѣ все устройство испорчено еще передачей работы въ двухъ параллельныхъ



плоскостяхъ: ось насоснаго цилиндра—въ плоскости вращенія эксцентрика, а ось золотниковаго стержня въ другой вертикальной плоскости: вся передача должна работать съ ударами и наперекосъ, что совершенно не гармонируетъ съ назначеніемъ парораспредѣлительнаго механизма.

На табл. 63 (фиг. 1 и 2) изображенъ ручной скальчатый насосъ для питанія гидравлическаго пресса. Плунжеръ насоса состоитъ изъ 2 частей, одна — съ діам. 25 мм., а другая — 60 мм. Скрѣпляя флянцы обоихъ плунжеровъ болтами, получаютъ насосъ съ діам. плунжера въ 60 мм.; имъ начинаютъ работу питанія пресса, когда въ немъ давленіе еще не велико. Передъ концомъ же питанія флянцы плунжеровъ между собою разъединяютъ и скрѣпляютъ флянецъ большого плунжера съ неподвижнымъ остовомъ цилиндра; тогда можно будетъ работать однимъ малымъ плунжеромъ, который будетъ ходить внутри большого, какъ въ своемъ цилиндрѣ,

На **фиг. 29** имѣемъ конструктивную схему скальчатаго шахтнаго насоса простого дѣйствія: ***A*** — общій видъ снаружи, ***B*** — продольный разрѣзъ чрезъ оси плунжера и клапанной коробки, ***C***, ***D***, ***E***—поперечные разрѣзы устройства по нѣсколькимъ отмѣченнымъ на чертежѣ горизонталямъ. Насосъ былъ построенъ извѣстнымъ вестфальскимъ машиностроительнымъ заводомъ ***Gutehoffnungshütte*** (въ ***Oberhausen***). Діаметръ плунжера 570 мм. (22,5 дм.), ходъ его 3800 мм. (12,5 фут.). Насосъ находится внутри шахты и приводится въ дѣйствіе непосредственно отъ пароваго цилиндра, поставленнаго надъ шахтою, внѣ ея: передача—безъ шатуннаго механизма: насосныя штанги уравновѣшены посредствомъ балансировъ и противовѣсовъ. Оси всѣхъ насосовъ въ шахтѣ расположены вдоль общей отвѣсной линіи. Каждый изъ насосовъ подаетъ воду на высоту 100 — 120 мт. Подходя къ насосному цилиндру, главная штанга соединяется съ поперечиной *N*, расположенной надъ плунжеромъ; передача къ насосу, поставленному въ ближайшемъ нижележащемъ этажѣ, дѣлается двумя штангами *L*,*L*, которыя подъ цилиндромъ насоса соединены между собою второю такою же поперечиною; отъ нея до слѣдующаго насоса идетъ опять одна центральная штанга и т. д. Обходя каж-



дый изъ насосныхъ цилиндровъ, штанги *L* направляются подушками *M*,*M*. Осмотръ всасывающихъ и нагнетательныхъ клапановъ дѣлается, открывая крышки *S*,*S*: ихъ подвѣшиваютъ въ такомъ случаѣ на кранѣ *T*. Для удаленія воздуха, скопившагося въ верхней части цилиндра, служитъ вентиль *i* (фиг. 29, *B*,*E*); онъ работаетъ автоматически, если открыть находящійся рядомъ съ нимъ кранъ, и въ концѣ каждаго нагнетательнаго періода перепускаетъ воздухъ изъ цилиндра въ подъемную трубу. Заливаніе коробки всасывающаго клапана и цилиндра водою, чтобы скорѣе достигнуть разрѣженія воздуха въ рабочей камерѣ насоса, дѣлается посредствомъ трубокъ и крановъ *U* (фиг. 29, *A*,*C*).

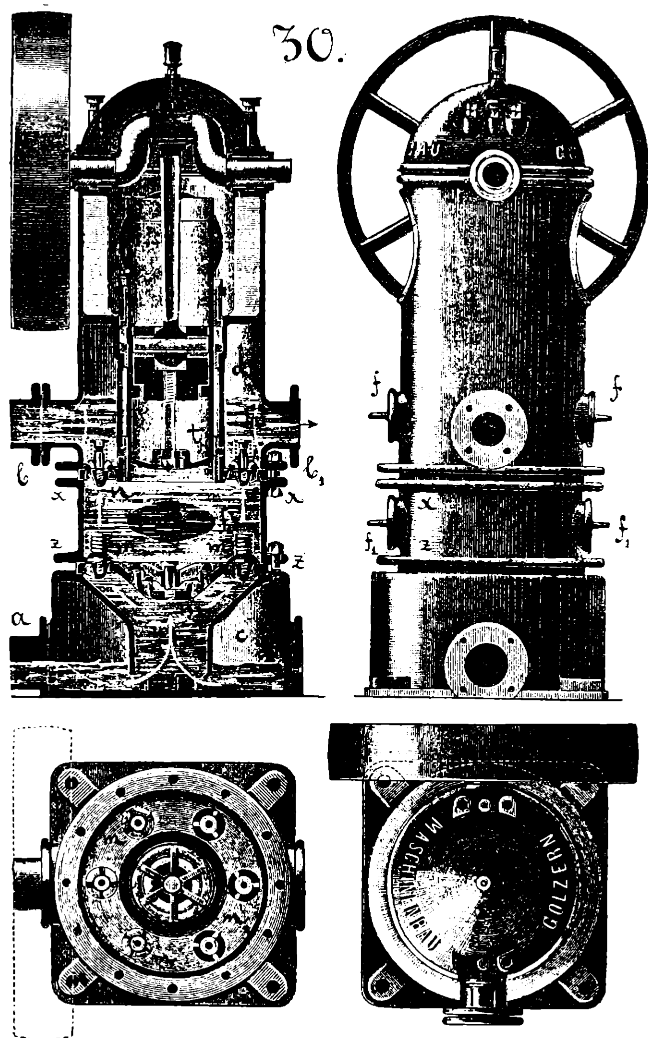
Чтобы яснѣе представить себѣ возможные размѣры шахтныхъ насосовъ этого типа, на **фиг. 29, a** дано изображеніе одного изъ колоссальныхъ насосовъ, исполненныхъ въ недавнее время американскимъ заводомъ *Fraser & Chalmers, L-d, Chicago*.

Типъ насосовъ, представленныхъ на **фиг. 29**, былъ выработанъ инженеромъ *Lean* въ Америкѣ въ 1801 г. и до 1840 г. былъ почти единственнымъ, который употребляли тогда въ комбинаціи съ корнуэльскими паровыми машинами. *Lean* былъ въ числѣ первыхъ, кто выдвинулъ вопросъ объ экономіи въ расходованіи угля водоотливными шахтными машинами и объ учетѣ и контролѣ работы машины, основанныхъ на переодически повторяющихся и правильно обставленныхъ опытахъ съ цѣлію опредѣленія продуктивности машины. Благодаря этому, въ періодъ съ 1815 по 1840 г. простыми средствами ему удалось понизить расходованіе угля шахтными насосами болѣе чѣмъ *вдвое*, и довести самый расходъ до такой минимальной величины, замѣтно превзойти которую удалось только въ самое послѣднее время съ примѣненіемъ ***тройного расширенія пара.***

Къ этой же группѣ должна быть отнесена и современная намъ конструкція насоса нѣмецкаго машиностроительнаго завода *Гольцернъ* (*Golzern*); конструктивную схему его дастъ **фиг. 30**: два правыя изображенія представляютъ наружный видъ насоса сбоку и сверху, лѣвое верхнее изображеніе—продольный вертикальный разрѣзъ насоса, а лѣвое нижнее—видъ на серію всасывающихъ клапановъ, замѣняющихъ собою одинъ большой: *a*—всасывающая труба, *c*—ся воздушный колпакъ, *b* или b_1 (любая изъ нихъ)—нагнетательная труба, *d*—воздушный колпакъ при ней; *m*—группа мелкихъ всасывающимъ клапановъ съ пружинами, которыя ихъ сажаютъ на мѣсто; m_1—большой центральный всасывающій клапанъ, прикрывающій сразу 2 кольцевыхъ отверстія съ большой площадью прохода; *n*—группа мелкихъ нагнетательныхъ клапановъ тоже съ пружинами; обѣ группы клапановъ собраны на двухъ большихъ круглыхъ дискахъ, точеные ободы которыхъ зажаты между флянцами *x* и *z* помощію двухъ дюжинъ болтовъ; *f*,*f*—люки для осмотра клапановъ.

Діаметръ плунжера и ходъ его дѣлаются зав. ***Гольцернъ*** обыкновенно одинаковыми, а именно: 200, 250, 300 и 350 мм., число оборотовъ вала въ минуту назначается отъ 30 до 100, что соотвѣтствуетъ секундной скорости плунжера отъ 0,2 до 0,7 мт.

Описанное устройство насоса *Гольцернъ* является одною изъ тѣхъ неудачныхъ конструкцій, слабыя стороны которыхъ замаскированы недурной внѣшностью и познаются только уже спустя много времени, при ближайшемъ знакомствѣ, а при бѣгломъ осмотрѣ насоса остается даже хорошее впечатлѣніе общей компактности его, уютности и отсутствія у него на виду всякихъ движущихся частей. Недостатки этой конструкціи въ слѣдующемъ:



а) Она громоздка. Діаметръ рабочей камеры по необходимости здѣсь значительно болѣе діаметра плунжера. Это вызываетъ общее увеличеніе толщины стѣнокъ и дѣлаетъ систему терпимою лишь при малыхъ напорахъ.

б) Объемъ вреднаго пространства подъ плунжеромъ (между флянцами x и z) здѣсь несоразмѣрно великъ и не можетъ быть уменьшенъ, иначе негдѣ будетъ расположить люковъ $f_1 f_1$, и для осмотра всасываю-

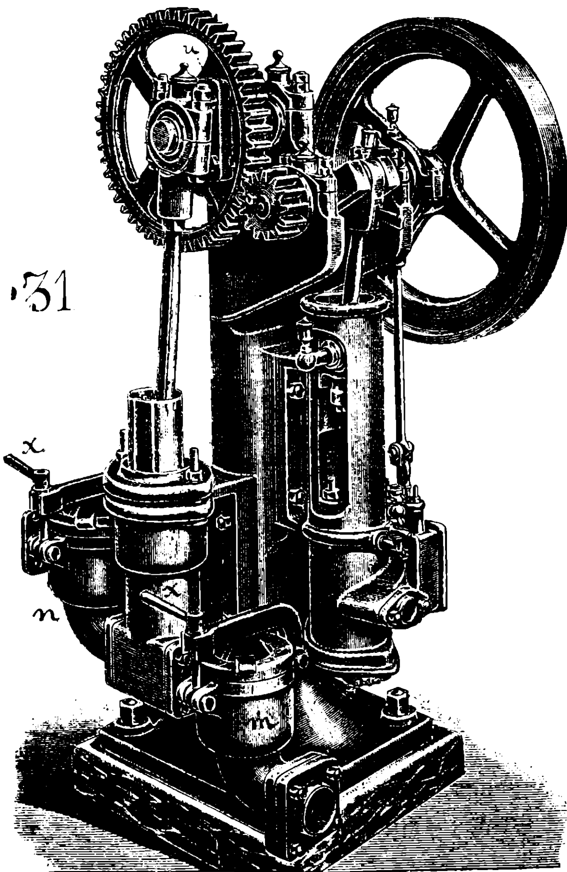
щихъ клапановъ тогда приходилось бы каждый разъ возиться со съемкою всей верхней части насоса и диска *n*. Благодаря этому недостатку, при пусканіи въ ходъ насоса недостаточно быстро дѣлается разрѣженіе подъ плунжеромъ.

в) Герметичность фланцевъ *x* и *z*, каждая пара которыхъ стянута дюжиною болтовъ, не легко поддерживать въ исправности, особенно потому еще, что здѣсь на разстройство этихъ соединеній вліяетъ натяженіе ремня, которымъ насосъ приводится въ дѣйствіе.

г) Герметичность соединенія между дискомъ *n* и втулкою *t*, которая направляетъ плунжеръ, болѣе чѣмъ сомнительна: затягиваніемъ болтовъ *x* приходится достигать герметичности сразу на 4-хъ параллельныхъ плоскостяхъ.

д) Насосный валъ помѣщается слишкомъ высоко, чрезъ это все устройство насоса выходитъ мало устойчивымъ и требуетъ солидной связи съ фундаментомъ.

е) Осмотръ клапановъ и подтяжка сальника нѣсколько стѣснены и дѣлаются недостаточно быстро.



Фиг. 31

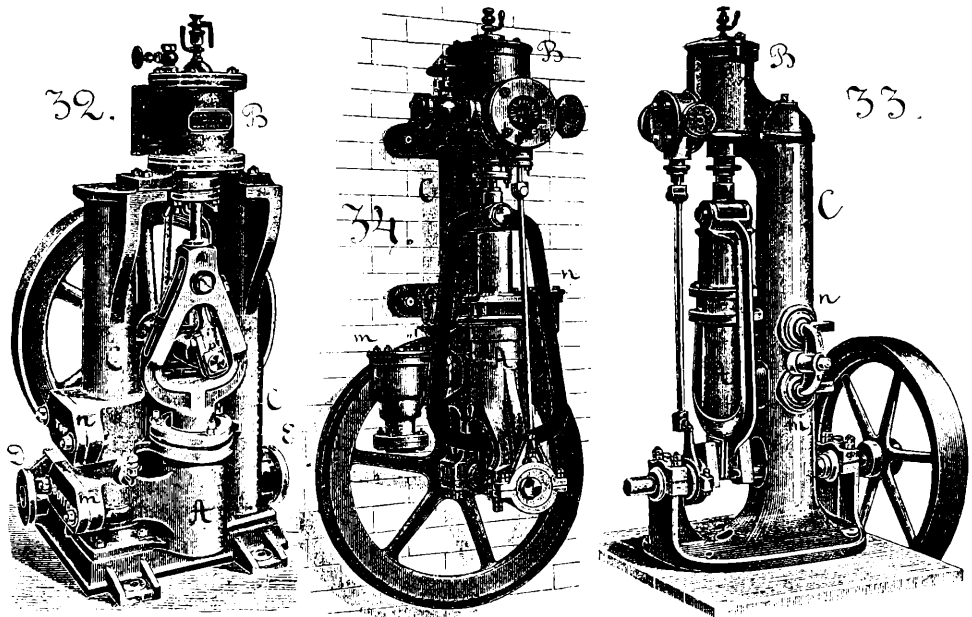
ж) Ремонтъ клапановъ и замѣна ихъ новыми требуютъ большихъ хлопотъ по разборкѣ и сборкѣ верхней части насоса, которую приходится для этого разъединять также и отъ нагнетательной трубы.

Фиг. 31 даетъ представленіе о весьма раціональномъ устройствѣ скальчатаго насоса простого дѣйствія, приспособленномъ для перекачки вязкихъ и не совсѣмъ чистыхъ жидкостей. Коробки *m* и *n* для обоихъ клапановъ выполнены по одной и той же модели; осмотръ клапановъ дѣлается чрезвычайно быстро и удобно: для этого достаточно сдѣлать 2—3 оборота гаекъ съ барашками *x*, *x* и отвести въ сторону откидные болты и скобы, удерживающіе крышки на мѣстѣ. На фиг. 31 изображена модель парового насоса съ зубчатой передачей; большее изъ колесъ ея снабжено дискомъ *u*, по которому палецъ кривошипа можно

перемѣщать и устанавливать въ различныхъ разстояніяхъ отъ центра вала; эти детальныя подробности въ устройствѣ передачи позволяютъ въ широкихъ предѣлахъ мѣнять и число оборотовъ насоснаго вала и количество жидкости, перекачиваемой насосомъ въ единицу времени. Отношеніе длины шатуна къ радіусу кривошипа сдѣлано довольно большимъ, и шарнирное соединеніе шатуна съ плунжеромъ находится довольно глубоко, чѣмъ достигается наименьшее возможное изнашиваніе сальника и расточенной части насоснаго цилиндра.

На табл. 58 ***Атласа нас.*** изображена схема установки насоса подобнаго же устройства, но только съ внутренней зубчатой передачей.

При устройствѣ паровыхъ насосовъ, особенно — съ вертикальными осями парового и насоснаго цилиндровъ, для полученія болѣе компактнаго устройства весьма часто примѣняютъ сокращенные шатунные меха-



низмы, въ которыхъ ползуны отсутствуютъ, и роль ихъ выпадаетъ тогда на долю сальниковъ съ большими боковыми опорными поверхностями. Три различныхъ примѣра подобнаго устройства изображены на фиг. 32—34.

На **фиг. 32** дано изображеніе свободно стоящаго парового насоса англійской конструкціи: ***A*** — насосный цилиндръ, ***B*** — паровой, ***C,C*** — чугунныя полыя колонны, поддерживающія паровой цилиндръ и выполняющія роль воздушнаго нагнетательнаго колпака; ***D*** — всасывающая труба, *E* — нагнетательная. Осмотръ клапановъ производится быстро и просто, открывая крышки *m* и *n*.

На **фиг. 33** и **34** — двѣ нѣмецкихъ модели такихъ насосовъ — свободно стоящаго на фундаментѣ и настѣннаго; соотвѣтственныя части

на всѣхъ трехъ фигурахъ названы одпѣми и тѣми же буквами. Нѣмецкія серіи такихъ насосовъ строятся съ діаметрами

30 45 55 65 80 90 100 130 150 мм.

Величина хода плунжера бываетъ 65, 80, 100, 150, 180, 220 и 240 мм., при отношеніи хода къ діаметру отъ 1,5 до 2.

Конструктивное устройство насоса, который изображенъ на фиг. 32, имѣется въ ***Атл. нас.*** на табл. 9 ($D = 150$, $S = 220$), а соотвѣтственно фиг. 33 детальное устройство дано на табл. 57 ($D = 130$, $S = 180$).

Если приходится перекачивать насосомъ жидкости ѣдкія, или несущія съ собою песокъ и вообще такія вещества, съ которыми нежелательно приводить въ соприкосновеніе цилиндръ и трущіяся поверхности плунжера, въ такомъ случаѣ употребляются насосы съ упругой перепонкой или ***мембраной***, отдѣляющей рабочую камеру плунжера отъ клапанныхъ коробокъ.

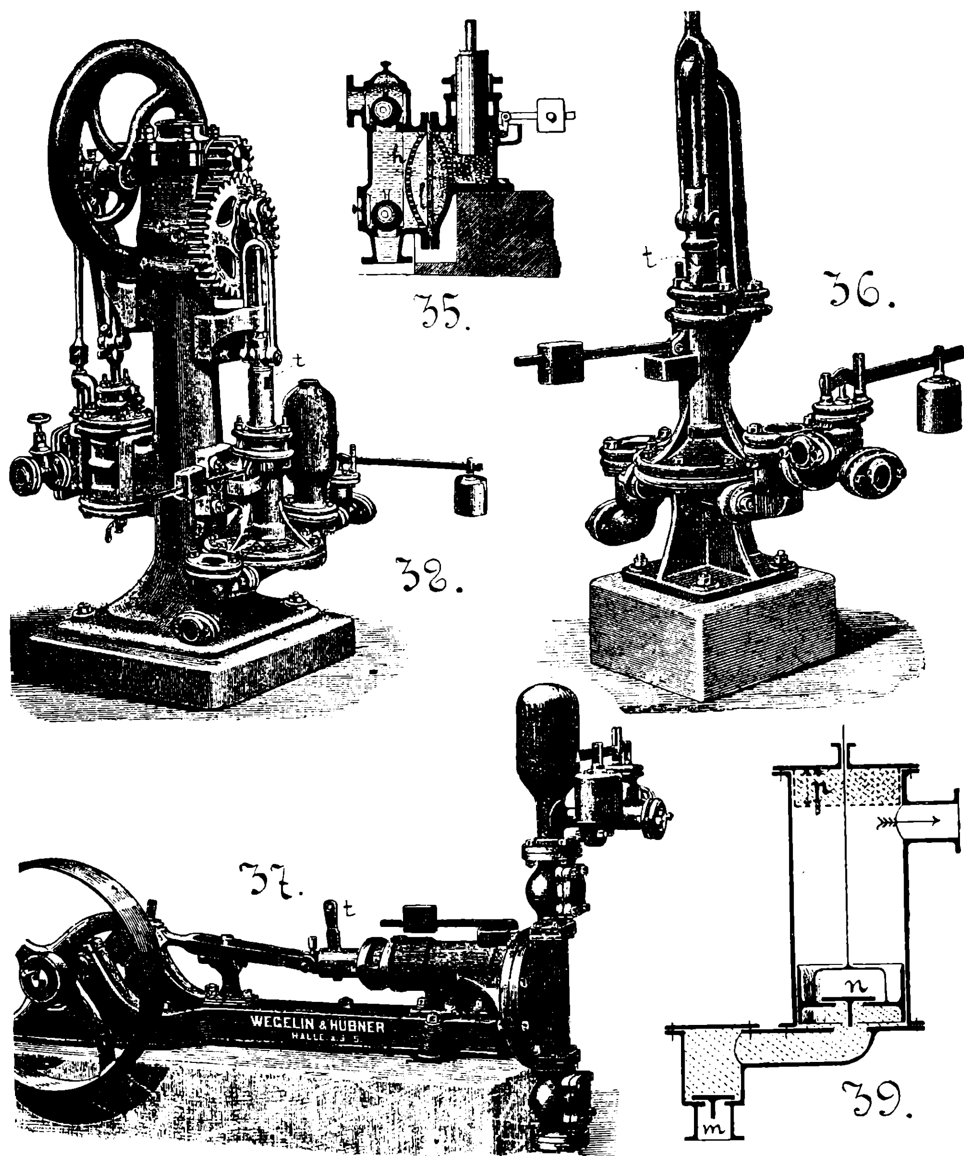
Конструктивная схема такого насоса представлена на **фиг. 35**: l — гуттаперчевая мембрана, h и k — сѣтчатыя днища, ограничивающія размахъ мембраны; клапанныя коробки и клапаны дѣлаются въ такомъ случаѣ изъ такихъ матеріаловъ, которые слабо поддаются воздѣйствію перекачиваемой жидкости (см. § 2); чтобы не произвести разрушенія рабочей камеры плунжера при внезапномъ препятствіи, встрѣченномъ мембраною при ея перемѣщеніи, рабочая камера всегда снабжается предохранительнымъ клапаномъ; при перекачкѣ ѣдкихъ жидкостей ставятъ предохранительный клапанъ также еще и на нагнетательной вѣтви, чтобы можно было безопасно производить осмотръ клапановъ.

Раскрытіе крышекъ клапанныхъ коробокъ у такихъ насосовъ слѣдуетъ производить съ большой осторожностью; для этого сначала развинчивается и освобождается крышка надъ всасывающимъ клапаномъ, но съ мѣста она пока не снимается; затѣмъ развинчиваетъ и освобождаютъ крышку нагнетательнаго клапана, даютъ свободно жидкости стечь и тогда только приступаютъ къ раскрытію крышекъ и осмотру клапановъ. Насосы съ мембранами строятся приводными и паровыми, рѣже ручными; при работѣ ихъ назначается весьма умѣренная скорость поршня.

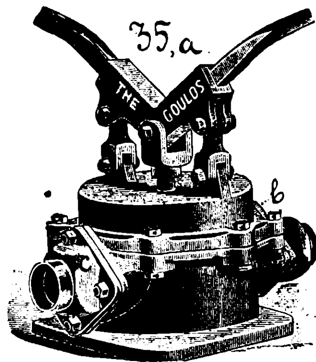
На **фиг. 35,а** имѣемъ изображеніе вертикальнаго насоса съ мембраной и съ ручнымъ приводомъ, направляющимъ штангу мембраны прямолинейно. Шарнирные клапаны насоса помѣщены въ коробкахъ b и c. Американскій заводъ ***Goulds*** выполняетъ такіе насосы съ діам. диска діафрагмы 13 дм., при размахѣ ея центра до $2^1/_2$ дм., для подачи до 0,3 ведра при двойномъ размахѣ рукоятокъ.

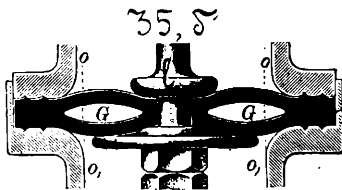
На **фиг. 35,б** представлено сѣченіе мембраны ***Розенкранца*** съ полостью G, заполняемой или воздухомъ, или глицериномъ; здѣсь виденъ также способъ соединенія ея со штангой l и способъ заправки внѣшняго края у диска мембраны между флянцами камеры.

На **фиг. 36** дано изображеніе вертикальнаго приводнаго насоса съ мембраной, на **фиг. 37** — горизонтальнаго, на **фиг. 38** — парового вертикальнаго съ промежуточной зубчатой передачей. Во всѣхъ подобныхъ насосахъ для быстрой остановки ихъ дѣйствія дѣлается слѣдующее приспособленіе: плунжеръ выполняется пустотѣлымъ, внутри его



помѣщается штокъ или скалка, неизмѣнно связанные съ шатуннымъ механизмомъ и настолько длинные, что ни при одномъ изъ положеній механизма во время работы весь штокъ не можетъ выйти изъ плунжера, а взаимное соединеніе ихъ быстро дѣлается разъемнымъ — посредствомъ чеки *t* (фиг. 36—38).





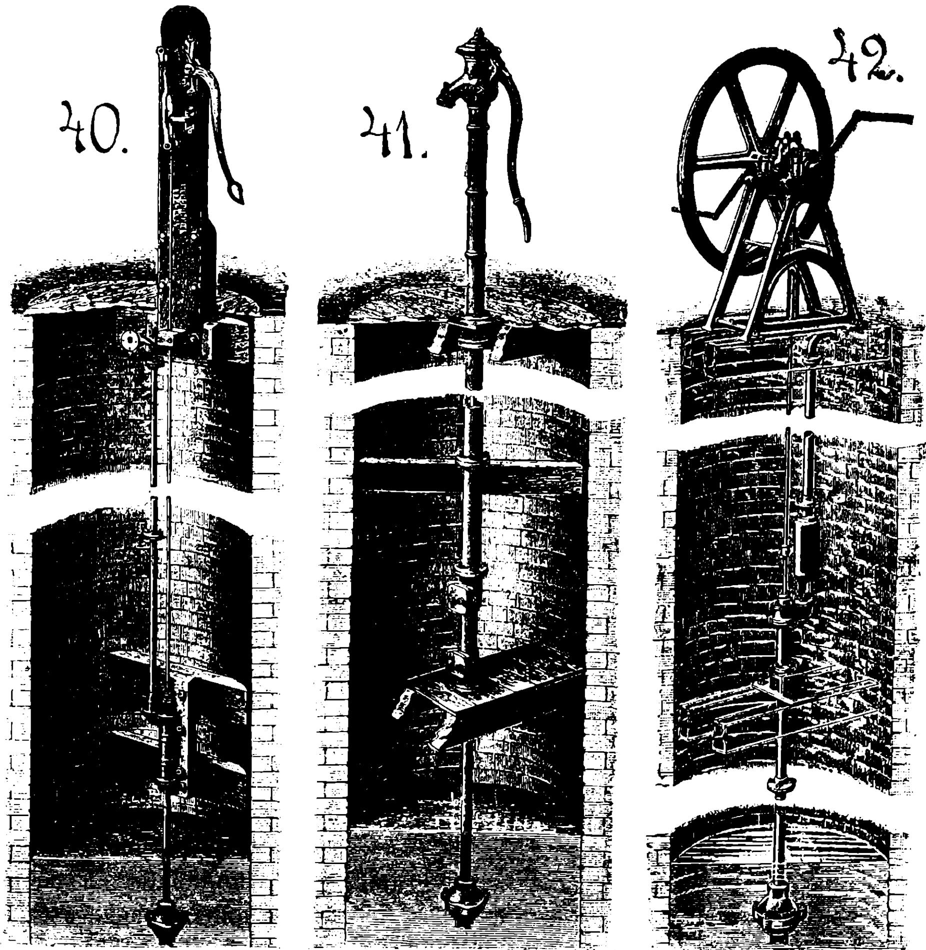
Діаметръ плунжера въ такихъ насосахъ бываетъ отъ 50 до 130 мм., размахъ плунжера 150—200 мм., число оборотовъ въ мин. 25 — 35 при скорости плунжера отъ 0,15 до 0,2 мт. въ сек.

Употребленіе мембранъ въ насосахъ началось весьма давно: въ XVI в. у римскаго писателя *Vegetius* встрѣчается описаніе одного двуклапаннаго насоса безъ плунжера, штокъ у этого насоса непосредственно соединенъ съ мембраной и сообщаетъ ей размахи въ ту и другую сторону. Въ 1732 г. *Gosset et Deuille* въ Парижѣ построили 1-й насосъ съ проходной мембраной, на которой былъ расположенъ клапанъ, какъ на проходномъ поршнѣ. Въ 1851 г. *Shalder*, какъ новость, экспонируетъ насосъ подобной же конструкціи на Лондонской выставкѣ. Въ 1898 г. журналъ *Revue mécanique* (авг., стр. 211, фиг. 24) въ обзорѣ новостей по насосамъ описываетъ конструкцію насоса *Edson*; она въ сущности ничѣмъ не отличается отъ устройста *Gosset*, которое извѣстно было уже болѣе $1^1/_2$ столѣтія тому назадъ.

34. **Схема устройства № 2** для насоса простого дѣйствія съ 2 клапанами представлена на **фиг. 39.** Это такъ называемый *насосъ съ проходнымъ поршнемъ*. У него всасывающій клапанъ находится въ особой коробкѣ, расположенной или сбоку отъ цилиндра или непосредственно подъ нимъ, а нагнетательный клапанъ прикрываетъ проходное отверстіе въ поршнѣ. Цѣнное свойство этой конструкціи состоитъ въ томъ, что у нея поршневой штокъ работаетъ на растяженіе въ періодъ нагнетанія жидкости, а не на сжатіе, какъ это было во всѣхъ предыдущихъ устройствахъ, выполненныхъ по схемѣ № 1. Но это свойство пріобрѣтено насосомъ путемъ введенія въ его устройство еще одной набивки,—теперь ихъ уже двѣ, одна для штока, другая—для поршня, и эта послѣдняя расположена внутри цилиндра, находится внѣ постояннаго контроля и не можетъ быть подтягиваема на ходу. Все это дѣлаетъ такія системы насосовъ пригодными для работы только при сравнительно низкихъ давленіяхъ (см. § 16). На схемѣ поршень поставленъ въ самое нижнее его положеніе, и тогда весь объемъ подъ поршнемъ до всасывающаго клапана будетъ вреднымъ, препятствующимъ быстро дѣлать разрѣженіе въ началѣ работы насоса. Объемъ съ высотою p (фиг. 39) былъ бы даже полезнымъ, если бы онъ только не увеличивалъ трудности и стоимости изготовленія цилиндра.

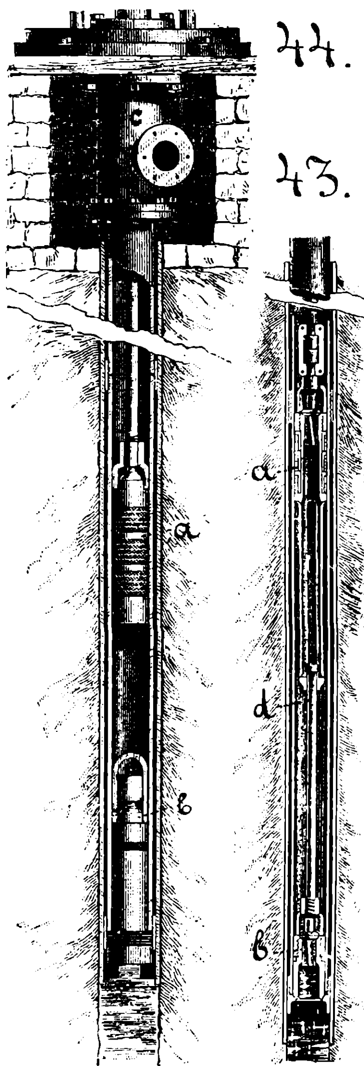
Если бы въ этой системѣ насоса поршневая набивка и нагнетательный клапанъ оказались герметичными, а всасывающій клапанъ былъ бы наоборотъ мало герметичнымъ и пропускалъ бы жидкость обратно

во всасывающую трубу, тогда при работѣ подобнаго насоса сказалась бы еще новая непріятная сторона этого устройства, а именно—тяжесть столба воды, заключенной въ нагнетательной трубѣ, передавалось бы на поршень и его штокъ не только въ періодъ нагнетанія, но также отчасти и въ тотъ періодъ, когда жидкость изъ пространства подъ поршнемъ попадаетъ въ пространство сверхъ поршня.



Чтобы устранить этотъ недостатокъ, въ самомъ началѣ нагнетательной трубы ставятъ еще 3-ій клапанъ, такъ называемый *возвратный*. Бѣды большой не будетъ, если этотъ послѣдній клапанъ окажется случайно и не вполнѣ герметичнымъ. Поэтому хорошо выполнять его совершенно одинаковыхъ размѣровъ съ клапаномъ всасывающимъ: тогда его можно будетъ переставлять на мѣсто послѣдняго, если тотъ въ работѣ получитъ такое поврежденіе, которое у возвратнаго клапана могло бы еще быть терпимымъ до 1-й возможности ремонта.

35. **Устройства насосовъ, осуществленныя по схемѣ № 2.** Къ этой группѣ относятся большею частію насосы колодезные, артезіанскіе и заводскіе низкаго давленія. Конструктивное устройство проходныхъ поршней изображено въ *Атл. насос.* на табл. 21, 31, 40, 46, 68, 69 и 73. Тамъ же на таб. 40 даны подробности устройства обыкновенныхъ колодезныхъ насосовъ, а на **фиг. 40, 41 и 42**—различныя схемы установки ихъ въ колодцѣ при ручномъ приводѣ (простомъ рычажномъ и съ маховикомъ) и разные способы крѣпленія ихъ на балкахъ и подставахъ.



Кромѣ указанныхъ въ § 17 размѣровъ такихъ насосовъ, самые малые нумера ихъ строятся съ діаметрами

$1^1/_4$ $1^1/_2$ $1^3/_4$ 2 и $2^1/_4$ дм.

На **фиг. 43** и **44** даны двѣ конструктивныя схемы устройства артезіанскихъ насосовъ этой группы; верхняя паровая часть насосовъ на схемахъ не показана: *a*—проходной поршень съ кожаной набивкой въ 3 яруса, *b*—всасывающій клапанъ, *c*—коробка, отъ которой подъемная труба отвѣтвляется въ бокъ, *d*—стержень съ головкою наверху; во время работы насоса онъ служитъ для направленія нижней части поршня, а въ случаѣ надобности имъ же пользуются и для вытаскиванія наружу изъ цилиндра всасывающаго клапана *).

При діаметрѣ скважины отъ 5 до 12 дм. насосные цилиндры получаютъ діаметръ отъ $2^3/_4$ до $8^1/_2$ дм., ходъ поршня дѣлается отъ 6 до 40 дм., чаще всего—24 дм. Всѣ рабочія части цилиндра дѣлаются здѣсь изъ бронзы лучшихъ качествъ.

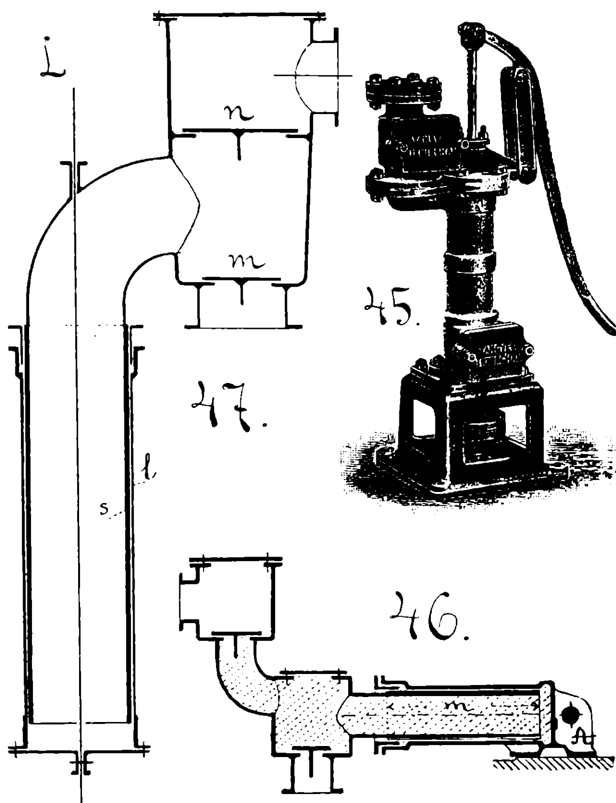
На табл. 31, 46 и 69 *Атласа насосовъ* показана цѣлая серія горячихъ или воздушныхъ насосовъ къ паровымъ машинамъ. Всѣ эти насосы построены по схемѣ № 2 съ двумя или тремя клапанами изъ гуттаперчи.

На **фиг. 45** дано изображеніе трехклапаннаго ручнаго заводскаго насоса въ томъ видѣ, какъ онъ строится извѣстнымъ заводомъ *Tangyes* для перекачки дегтя, аммiачной воды и т. п. жидкостей: всѣ рабочія

*) Приспособленіе, которымъ давно уже пользуется заводъ *Locoge e Pochart* въ *Lille* (см. *Poillon*), а также и заводъ *Густава Листа* въ Москвѣ.

части—изъ чугуна, легкій и доступный осмотръ клапановъ, большія площади прохода, умѣренная скорость работы; D—отъ 4 до 5 дм., S — отъ 9 до 12 дм.

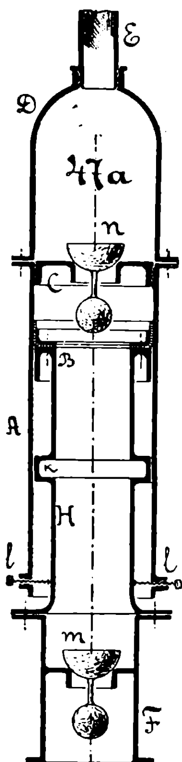
36. **Схема устройства № 3.** Неподвижнымъ остовомъ насосной камеры является здѣсь пустотѣлый цилиндрическій отростокъ клапанныхъ коробокъ, а снаружи по нему ѣздитъ весь цилиндръ. На **фиг. 46** показана схема такого устройства, выполняемая парижскимъ заводомъ *Marane et C-ie*: A — ползунъ, отлитый въ одномъ цѣломъ съ цилиндромъ, обѣ клапанныя коробки находятся слѣва, осмотръ каждой изъ нихъ дѣлается легко и независимо; цилиндрическій отростокъ, по которому ѣздитъ цилиндръ, снаружи на длинѣ m имѣетъ смѣнную одежду; ее имѣть здѣсь необходимо, такъ какъ по мѣрѣ снашиванія башмаковъ у ползуна начинается здѣсь усиленное срабатываніе сверху, какъ у сальника, такъ и у вышесказанной одежды. Кромѣ этого недостатка, система имѣетъ еще и другой, а именно—значительный объемъ вреднаго пространства; въ изображенномъ положеніи частей на схемѣ (фиг. 46) весь этотъ объемъ покрытъ наклоннымъ пунктиромъ, т. е. онъ значительно болѣе объема описываемаго поршнемъ при его размахѣ.



На **фиг. 47**—другая подобная же схема для случая вертикальнаго расположенія оси цилиндра. Эта схема совершеннѣе предыдущей, какъ потому, что здѣсь износъ цилиндра не вызываетъ добавочнаго расхода силы на преодолѣніе тренія, такъ еще и потому, что здѣсь воздухъ удаляется изъ цилиндра автоматически и вполнѣ совершенно, и поэтому при установившейся работѣ объемъ вреднаго пространства не играетъ тутъ никакой роли. Въ примѣненіи этой схемы къ устройству шахтныхъ насосовъ со штангами, идущими наружу къ паровому цилиндру или коромыслу, обнаруживается еще и 3-е удобство: штанга L, подходя къ насосу, здѣсь не имѣетъ надобности раздваиваться, какъ это было, напр., при конструкціи насоса, изображенной на **фиг. 29**.

Осуществленное по этой схемѣ устройство шахтнаго насоса можно видѣть въ детальныхъ чертежахъ, опубликованныхъ въ ***Журн. общ. нњм. инж.*** за 1883 г., № 9. Паровая машина—системы ***Kley,*** работающая съ шатуннымъ механизмомъ и легкимъ маховикомъ, съ паузами. Діам. цилиндра у нея 900 мм., ходъ поршня — 1800 мм., число оборотовъ въ минуту 12,5; діаметры насосныхъ цилиндровъ въ 4-хъ различныхъ этажахъ разные — 370, 370, 400 и 420 мм., общій ходъ насосныхъ цилиндровъ — 1800 мм., высота напора въ каждомъ этажѣ — 50 мт.

Первыя крупныя установки шахтныхъ насосовъ, построенныхъ по схемѣ фиг. 47, относятся еще къ 30-мъ годамъ, но тогда употреблялась только не сальниковая набивка, а поршневая, т. е. трубчатый цилиндръ *l* съ своимъ сальникомъ отсутствовалъ, а внутри точеной трубы *s*, какъ въ цилиндрѣ, ходилъ непроходной поршень. При этомъ вводилась мало доступная контролю и подтяжкѣ поршневая набивка, но зато у насоса значительно уменьшался объемъ вреднаго пространства въ его цилиндрѣ.



Мысль оставлять поршень неподвижнымъ и заставить перемѣщаться цилиндръ впервые пришла ***Muschenbroeck*** еще въ началѣ XVIII в. (см. ***Ewbank — Hydraulics & Mechanics,*** 1876, *pg.* 228) и была примѣняема многими конструкторами къ устройству небольшихъ насосовъ для откачки воды при рытьѣ колодцевъ и шахтъ.

На **фиг. 47, а** имѣемъ конструктивную схему насоса ***Muschenbroeck***, осуществленную ***Tecklenburg***'омъ: такіе насосы съ успѣхомъ были имъ примѣняемы при различныхъ инженерныхъ работахъ, при рытьѣ шахтъ и артезіанскихъ колодцевъ: *A* цилиндръ, точеный изнутри; въ верхнюю часть его ввернуто дно *C*; центральное отверстіе въ немъ прикрывается полушаровымъ клапаномъ *n*; съ верхнимъ фляшцемъ цилиндра скрѣпленъ колпакъ *D*, въ который ввернута нагнетательная труба *E*; тѣло поршня *B* отлито съ трубою *H*, которая внизу свинчивается со всасывающею трубою *F*, а въ срединѣ своей длины имѣетъ утолщеніе *k*, обточенное снаружи и служащее для направленія цилиндра; установительные болты *ll* ограничиваютъ размахъ цилиндра. Во время работы насоса цилиндръ *A* поднимаютъ за трубу *E*, воздѣйствуя на нее или руками, или при помощи веревки, или посредствомъ качающагося коромысла и тягъ. Обратный ходъ цилиндра въ періодъ подъема жидкости происходитъ отъ дѣйствія собственнаго вѣса цилиндра и трубы *E*. Благодаря особой формѣ клапановъ *m* и *n*, насосъ не боится сорной и грязной воды и можетъ работать также и при наклонномъ положеніи оси цилиндра. Все устройство чрезвычайно просто, осмотръ клапановъ дѣлается легко.

б. **Насосы простого дѣйствія II-й группы.**

Нагнетаніе — непрерывно, всасываніе — полъоборота.

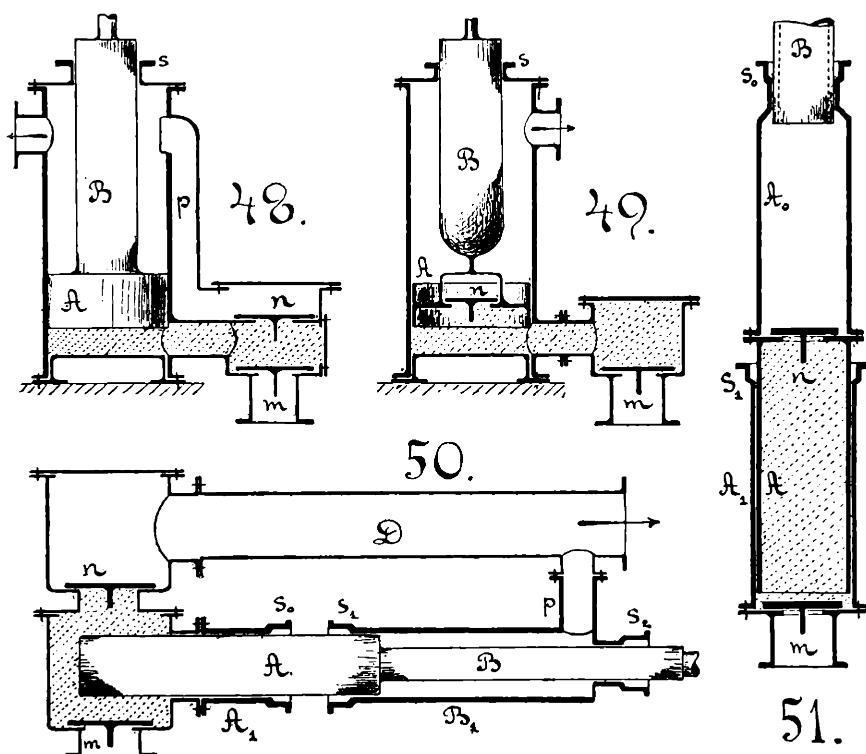
37. **Схема устройства № 1** показана на **фиг. 48** и приписывается англійскому конструктору ***Armstrong***: поршень ***A*** снабженъ толстымъ штокомъ ***B***; набивокъ двѣ — одна внутренняя (у поршня), другая — внѣшняя (для штока); клапановъ два (***m*** — на всасывающей трубѣ, ***n*** — при входѣ въ нагнетательную трубу). На фиг. 48 поршень показанъ въ самомъ нижнемъ его положеніи, и пунктирными штрихами отмѣчена величина объема вреднаго пространства; этотъ объемъ будетъ тѣмъ менѣе, чѣмъ ближе будутъ поставлены оба клапана между собою и по отношенію къ цилиндру.

Пусть обозначаютъ:

F и D — площадь поршня A и его діаметръ,

F_0 и D_0 — площадь штока B и его діаметръ,

S — ходъ поршня. Тогда, при установившейся работѣ насоса, при восходящемъ движеніи поршня при полномъ его размахѣ произойдетъ



слѣдующее: подъ поршнемъ будетъ имѣть мѣсто всасываніе, и въ пространство подъ поршнемъ поступитъ объемъ $F \cdot S$; а надъ поршнемъ будетъ итти нагнетаніе жидкости, рабочей площадью поршня будетъ кольцевая съ величиной $F - F_0$, и въ нагнетательную трубу будетъ

поданъ объемъ $(F - F_0) . S$. Во все это время клапанъ *m* былъ открытъ, клапанъ *n* закрытъ и каналъ *p* былъ заполненъ водою, не имѣющею никакого движенія. При нисходящемъ ходѣ поршня клапанъ *m* будетъ закрытъ, клапанъ *n* будетъ открытъ, и по соединительному каналу *p* будетъ происходить сообщеніе верхней части цилиндра съ нижней; поэтому рабочей площадью поршня въ этотъ періодъ будетъ только F_0, и въ нагнетательную трубу при опусканіи поршня будетъ поданъ объемъ $F_0 . S$.

Складывая этотъ объемъ съ предыдущимъ, поданнымъ при подниманіи поршня, получимъ полный объемъ, подаваемый за 1 оборотъ насоса; этотъ объемъ будетъ $= F . S$. Такимъ образомъ въ насосѣ, построенномъ по этой схемѣ, всасываніе будетъ происходить только при одномъ размахѣ поршня (при подъемѣ его), а нагнетаніе — въ оба хода поршня. Если желаютъ, чтобы подача воды насосомъ въ нагнетательную трубу шла равномѣрно, необходимо имѣть выполненнымъ равенство:

$$F - F_0 = F_0 \text{ или } F = 2\ F_0,$$

что соотвѣтствуетъ слѣдующимъ соотношеніямъ:

$$\left.\begin{array}{l} D = D_0 . \sqrt{2} = 1{,}414 .\ D_0 \\ D_0 = D : \sqrt{2} = 0{,}707 .\ D \end{array}\right] \ldots\ldots \quad 18.$$

Соотвѣтственныя величины діаметровъ, удовлетворяющія довольно близко ф-лу **18**, въ дюймовыхъ мѣрахъ приведены въ слѣдующей табличкѣ:

$D = 3$	$3^1/_2$	4	$4^1/_2$	5	6	7	8	9	10	дм.
$D_0 = 2^1/_8$	$2^1/_2$	$2^{18}/_{16}$	$3^3/_{16}$	$3^1/_2$	$4^1/_4$	5	$5^5/_8$	$6^3/_8$	$7^1/_{16}$	дм.

Если при исполненіи насоса будутъ взяты для D_0 величины, близкія къ указаннымъ въ табличкѣ, но округленныя, т. е. съ добавкой или убавкой восьмушекъ и шестнадцатыхъ долей дюйма, тогда и равенство подачи за оба хода поршня будетъ выполнено только болѣе или менѣе приближенно. Такое отступленіе дѣлаютъ съ двоякой цѣлью:

а) желая выравнять величину работы, которая требуется насосомъ при одномъ ходѣ поршня и при другомъ,

б) желая уменьшить силу, сжимающую штокъ и шатунъ, при одномъ ходѣ поршня, за счетъ силы, растягивающей ихъ при послѣдующемъ ходѣ поршня.

Детальное устройство насоса, построеннаго по схемѣ фиг. 48, имѣемъ въ *Атласѣ насосовъ* на табл. 5 и 6 въ видѣ парового насоса, работающаго съ зубчатой передачей и приспособленнаго для водоснабженія жел.-дор. станцій: паровой цилиндръ — $6^3/_4 \times 12$ дм., насосный — $D = 7^1/_2$ дм., $D_0 = 6$, $S = 18$, число зубцовъ у колесъ — 16 и 66. При 150 оборотахъ въ минуту вала у паровой машины, насосный валъ будетъ дѣлать $150 . 16 : 66 = 36{,}36$ обор., что соотвѣтствуетъ скорости насоснаго поршня 1,8 фут. (0,55 мт.) въ сек. Зависимость между діа-

метрами D и D_0 не вполнѣ точно отвѣчаетъ ф-лѣ **18** изъ за желанія получить болѣе одинаковую величину работы при общихъ размахахъ поршня.

Примѣненіе системы *Armstrong* къ устройству насосовъ для водоснабженія городовъ находимъ, напр., на водокачкѣ гор. *Будапешта* (см. чертежи и описаніе этихъ насосовъ въ журн. *Engineering*, 1885, мая 8, іюня 5): діам. насоснаго поршня 290 мм., ходъ 1152 мм., число двойныхъ ходовъ поршня въ мин. = 24, скорость поршня въ сек. = 0,92 мт.; всасывающій клапанъ расположенъ непосредственно подъ цилиндромъ, а нагнетательный—сбоку.

Еще ранѣе этого, въ 1876 г., подобная же система насосовъ была примѣнена въ Америкѣ на водокачкѣ гор. *Lawrence*. Машина была построена извѣстнымъ заводомъ *Leavitt* для подачи 600 тысячъ ведеръ воды въ 10 час. Паровая часть машины была выполнена по системѣ компаундъ, діам. паровыхъ цилиндровъ 18 и 38 дм., діаметры насоснаго цилиндра и его плунжера $26^1/_8$ и $18^1/_2$ дм., общій ходъ всѣхъ поршней 8 фут.: число оборотовъ вала въ мин. = 16; скорость поршней въ сек. $4^1/_4$ фут. Чертежи этой машины и описаніе опытовъ съ нею даны въ *Engineering* 1879, *janv.* 17, *pg.* 59. Работая съ давленіемъ пара въ 90 фут. и нагнетая воду на высоту 175 фут., машина расходовала 0,76 кг. угля на 1 индикаторную силу въ часъ.

38. **Схема устройства № 2** показана на **фиг. 49;** оно было изобрѣтено *Kirchweger'омъ* въ 1843 г. Отличіе этого устройства отъ предыдущаго заключается главнымъ образомъ въ томъ, что здѣсь поршень проходной и клапанная коробка выполнена только для одного всасывающаго клапана *m*. Все же остальное, т. е. число набивокъ и расположеніе ихъ, а также и способъ дѣйствія насоса, не имѣетъ никакой разницы съ предыдущимъ; промежуточный каналъ *p* здѣсь, разумѣется, отсутствуетъ.

На табл. 29 *Атласа насос.* показано детальное устройство одного изъ заводскихъ насосовъ, осуществленныхъ по этой схемѣ: $D = 200$ мм., $D_0 = 140$, $S = 250$, $n = 60$ обор., $c = 0,5$ мт. въ сек. Соотношеніе между діаметрами поршня и штока взято по ф-лѣ **18**.

39. **Артезіанскіе насосы**, построенные по схемѣ *Кирхвегера* (фиг. 49), встрѣчаются въ практикѣ очень часто, когда возможно довольствоваться употребленіемъ насоса простого дѣйствія, и особенно часто при скважинахъ малаго діаметра, гдѣ бываетъ затруднительно устраивать насосъ двойного дѣйствія. Въ случаѣ устройства артезіанскаго насоса поршень *A* долженъ помѣщаться внутри скважины въ точеномъ цилиндрѣ непосредственно надъ всасывающимъ клапаномъ (какъ на фиг. 43 и 44). Самое верхнее положеніе поршня *A* въ цилиндрѣ во время работы должно быть всегда ниже уровня воды въ скважинѣ, иначе можетъ произойти разрывъ поднимаемаго столба воды при восходящемъ движеніи поршня. Что же касается плунжера *B*, то онъ не участвуетъ

въ присасываніи жидкости въ цилиндрѣ и можетъ быть поэтому расположенъ даже и внѣ скважины.

На **фиг. 49, а** имѣемъ изображеніе цѣлаго ряда станковъ для артезіанскихъ насосовъ этого типа—съ ременной и зубчатой передачей отъ двигателя и съ непосредственной передачей отъ парового поршня къ насосному.

Въ случаѣ глубокихъ колодцевъ дѣлаютъ уравновѣшиваніе плунжера, штангъ и поршня, какъ показываетъ изображеніе станка московскаго завода *Буркгардтъ*. Въ этомъ станкѣ паровая машина укрѣпляется непосредственно къ станинамъ станка, дающимъ опору двумъ одно-колѣнчатымъ валамъ—паровому и насосному. Между ними введена зубчатая передача. Вмѣсто паровой машины двигателемъ для подобнаго насоса можетъ быть, по желанію, или электро-моторъ, или керосиновый двигатель и т. д. Передаточное число въ зубчатой передачѣ при двигателяхъ съ шатуннымъ механизмомъ хорошо имѣть цѣлымъ числомъ (напр. 4, 5, 6), чтобы мертвыя положенія насоснаго поршня могли совпадать съ таковыми же у поршня двигателя, иначе работа станка не будетъ плавною.

Заводъ *Буркгардтъ* ставитъ такіе насосы на скважинахъ съ наружнымъ діаметромъ буровой трубы не болѣе 6 дм. и имѣетъ для нихъ 4 слѣдующія модели:

а. Діаметръ насоснаго цилиндра $D = 4^1/_4$ дм., ходъ поршня его $S = 15$ дм., при $n =$ отъ 50 до 70 обор. въ мин; работая на буровой скважинѣ 6 дм. діам., насосъ можетъ подавать воды $Q_1 =$ отъ 750 до 1050 вед. въ часъ. Паровой двигатель—діам. $6^1/_4$ дм., ходъ 9 дм.

б. Скважина 6 дм. діам., $D = 3^7/_8$ дм., $S = 15$, $n = 50 - 70$. $Q_1 = 600 - 850$ вед. Паровой двигатель—діам. $5^1/_8$, ходъ $7^1/_2$ дм.

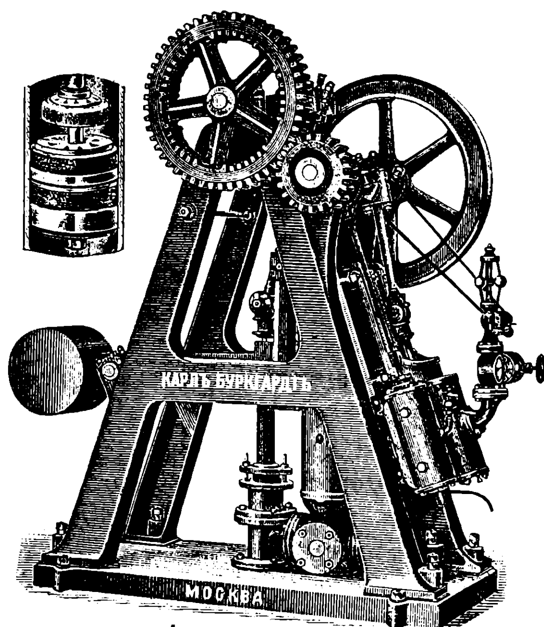
в. Скважина 5 дм. діам., $D = 3^5/_{16}$ дм., $S = 10$, $n = 60 - 70$. $Q_1 = 370—430$ вед. Паровая машина—діам. 4 дм., ходъ—$7^1/_4$ дм.

г. Скважина $4^1/_2$ дм. діам., $D = 3^1/_8$ дм., $S = 10$ дм., $n = 30—70$. $Q_1 = 160 - 380$. Ручной или приводный станокъ.

Станки съ зубчатой и ременной передачей по типу американскаго завода *Goulds Manufacturing Co*. (фиг. 49,*а*) строятся для трехъ различныхъ размаховъ поршня — 10, 14 и 16 дм. при діаметрѣ цилиндра въ $2^3/_4$, $3^1/_4$, $4^1/_4$, $4^3/_4$, $5^3/_4$ дм. Число оборотовъ насосному валу дается отъ 25 до 30 въ минуту. Это соотвѣтствуетъ весьма умѣренной скорости поршня $c =$ отъ 0,2 до 0,4 мт. (0,65—1,3 фут.) въ сек. Передаточное число у зубчатыхъ колесъ дѣлается всегда $= 5$; шкивы ставятся на станки — съ діам. 20—27 дм. при ширинѣ обода въ 4 дм.

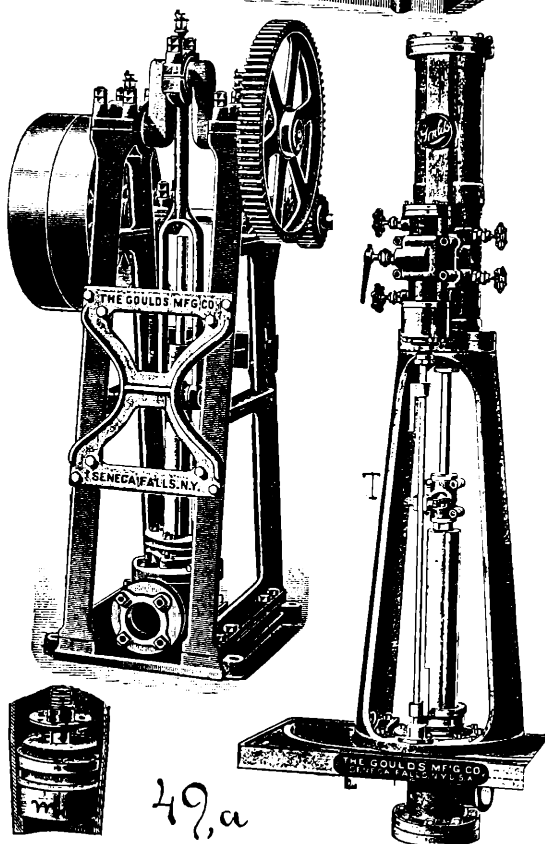
Паровые станки завода *Goulds* строятся только для пяти различныхъ размаховъ поршней — въ 10, 16, 24, 30 и 36 дм., чтобы имѣть только пять разныхъ моделей для колоннъ *T*, поддерживающихъ паровой цилиндръ. Діаметръ у послѣдняго бываетъ въ 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и 14 дм.; насосный поршень получаетъ обыкновенно всегда около 40 двойныхъ размаховъ, что соотвѣтствуетъ скорости поршня $c = 1 - 4$ фут. (0,3—1,22 мт.) въ сек.

Чертежъ вертикальнаго шахтнаго парового насоса системы компаундъ съ насосной частью, выполненной по типу *Кирхвегера*, можно видѣть въ *Журн. общ. нъм. инж.* 1893 г., № 32, стр. 966: діаметры паровыхъ цилиндровъ 356 и 610 мм., діам. насоснаго поршня 356, а плунжера 254 мм.



На табл. 72 *Атласа насосовъ* дано детальное устройство артезіанскаго насоса, построеннаго по схемѣ фиг. 49 заводомъ бывш. Бр. Бромлей въ Москвѣ. На чертежѣ даны цилиндръ и колпакъ, взятые отъ двухъ разныхъ насосовъ (колпакъ — отъ 8-дюймоваго насоса).

По схемѣ фиг. 49 строятся иногда и пожарныя трубы. Детальное устройство одной изъ такихъ трубъ можно найти въ сочиненіи проф. *Баха*, отмѣченномъ въ § 18, на табл. 13 его атласа.



49,а

40. **Схема устройства № 3** дана на **фиг. 50**. Главное отличіе ея отъ предыдущихъ состоитъ въ томъ, что здѣсь всѣ набивки наружныя, но зато число ихъ *3*, а не *2*, все же остальное по существу безъ перемѣнъ. Эта система насоса приспособлена для работы при высокомъ напорѣ. При конструктивномъ выполненіи ничто не мѣшаетъ обѣ клапанныя коробки исполнить по одной и той же модели. На схемѣ показанъ случай горизонтальнаго расположенія оси цилиндра: при ходѣ плунжера слѣва направо въ цилиндрѣ A_1 происходитъ всасываніе, а въ цилиндрѣ B_1 нагнетаніе; при обратномъ ходѣ цилиндръ B_1 заполняется водою, а изъ цилиндра A_1 вся вода выталкивается; часть ее по-

ступаетъ въ цилиндръ B_1, а другая часть непосредственно нагнетается въ напорный резервуаръ. Если подачу въ него желаютъ имѣть одинаковою при обоихъ размахахъ плунжера, діаметры обѣихъ частей его A и B должны удовлетворять ф-лу **18**.

Цилиндры A_1 и B_1 цѣлесообразнѣе всего отливать въ одномъ цѣломъ, чтобы не могло происходить случайной развѣрки положенія ихъ осей. Приведенная схема безъ затрудненій можетъ быть переработана и для вертикальнаго расположенія осей у обоихъ цилиндровъ.

На табл. 51 ***Атласа насосовъ*** приведено детальное устройство насоса высокаго давленія, построеннаго по схемѣ фиг. 50 для горной желѣзной дороги въ ***Magglingen*** (возлѣ ***Biel***, въ Швейцаріи). Восходящій на гору вагонъ и спускающійся съ нея соединены между собою общимъ канатомъ, перекинутымъ чрезъ блокъ, ось котораго прочно утверждена на верхней станціи. Уравновѣшиваніе тяжести обоихъ вагоновъ и нѣкоторый перевѣсъ ея для нисходящаго вагона достигается наполненіемъ водою имѣющагося при немъ бака. Но вершина горы въ данномъ случаѣ безводна, и нужный для эксплуатаціи дороги запасъ воды подается на гору въ запасный резервуаръ, который обслуживается насосной станціей, расположенный у подошвы горы. Высота напора = 460 мт., т. е. давленіе въ цилиндрѣ здѣсь около 50 атм. Все, что показано на схемѣ фиг. 50, т. е. оба цилиндра, обѣ клапанныхъ коробки и соединительный каналъ между цилиндрами отлиты здѣсь въ одномъ цѣломъ. Насосный штокъ получаетъ работу непосредственно отъ парового при числѣ оборотовъ $n = 120$. Діаметры плунжера 62 и 44 мм. удовлетворяютъ ф-лу **18,** ходъ плунжера 400 мм., средняя скорость его $c = 1{,}6$ мт. въ сек.

Другой примѣръ конструкціи насоса, разработанный по той же схемѣ фиг. 50 въ примѣненіи къ устройству шахтной водоподъемной машины, можно найти въ ***Журн. общ. нѣм. инж.***, 1892 г., № 17 въ ст. проф. ***Ридлера***: $D = 210$ мм., $D_0 = 148$, $S = 500$, $n = 50 - 80$, $c =$ до 1,3 мт., $h = 286$ мт. Соотношеніе между діаметрами D и D_0 взято по ф-лѣ *18*.

Если при разработкѣ этой схемы всѣ клапаны расположить надъ цилиндромъ въ рядъ, тогда понадобится имѣть при насосѣ 3 клапана. Такое устройство выполнено въ Англіи ***Smith & Stevens*** и описано въ ***Engineering***, 1889, ***march 1, pg.*** 197. Примѣръ разработки схемы фиг. 50 для вертикальнаго расположенія оси цилиндровъ можно найти въ ***Журн. общ. нѣмецк. инженеровъ*** 1892 г., № 53, стр. 1539 въ статьѣ проф. ***Гутермута***, касающейся устройства новаго водоснабженія гор. Ахена. Воду поднимаютъ изъ шахты 63 мт. глубиною, имѣя напоръ въ 82 мт. или длину трубопровода до водонапорной башни около 1,5 версты. Насосъ построенъ для работы съ желѣзными штангами (діам. до 120 мм.), разсчитанными и долженствующими работать на одно растяженіе. Плунжеръ выполненъ массивнымъ и вѣситъ 4800 кг. Кромѣ того, надъ самымъ насосомъ на плунжерѣ сдѣлана добавочная

нагрузка въ 8000 кг. Діаметры плунжера 480 и 340 *) соотвѣтствуютъ даннымъ ф-лы *18*, ходъ 1100 мм., число оборотовъ въ мин. $n = 18$, секундная скорость плунжера и штангъ 0,67 мт. Теоретическая величина давленія, которое приходится преодолѣвать плунжеру при опусканіи его въ цилиндрѣ, выходитъ около 7000 кг. Нагрузка плунжера, не принимая во вниманіе вѣса штангъ, превосходитъ это давленіе болѣе чѣмъ на 80%. Паровая машина въ 80 индикаторныхъ силъ. Полный коэф. полезнаго дѣйствія машины и насоса былъ найденъ опытнымъ путемъ = 0,856.

41. **Схема устройства № 4** представлена на **фиг. 51;** оно было изобрѣтено *Althans*'омъ въ 1836 г. Здѣсь также всѣ набивки наружныя, но числомъ ихъ только двѣ — S_0 и S_1. Плунжеру AA_0 здѣсь дана трубчатая форма, верхняя часть его A_0 сальникомъ охватываетъ неподвижную подъемную трубу B, тогда какъ нижняя часть A сквозь сальникъ S_1 входитъ въ цилиндръ A_1; во всемъ остальномъ существенной разницы нѣтъ: нагнетательный клапанъ n въ видахъ его удобнаго осмотра можетъ быть помѣщенъ только выше сальника S_1, а чрезъ это объемъ вреднаго пространства, покрытый на чертежѣ наклонными пунктиромъ, выходитъ гораздо болѣе объема $F.S.$ описываемаго поршнемъ при его размахѣ.

Разсчетные діаметры, по которымъ нужно вести вычисленіе подачи воды этимъ насосомъ, будутъ: D — *внѣшній* діаметръ трубчатой части A, играющей роль поршня по отношенію къ цилиндру A_1, и затѣмъ D_0 — *внѣшній* діаметръ нагнетательной трубы B, играющей по отношенію къ цилиндру A_0 роль утолщеннаго штока B, который мы имѣли во всѣхъ трехъ предыдущихъ схемахъ. Работа такого насоса совершается такъ же, какъ и другихъ, принадлежащихъ къ этой группѣ: всасываніе — только при подъемѣ плунжера, а нагнетаніе — въ оба хода. Если діаметры D и D_0 будутъ удовлетворять ф-лу *18*, то подача воды будетъ происходить одинаково въ оба размаха.

Эта система насосовъ извѣстна также подъ именемъ системы баварскаго завода *Rittinger*, строившаго ее въ большомъ количествѣ для нѣмецкихъ шахтъ. Детальное устройство и расположеніе такихъ насосовъ въ новѣйшихъ примѣненіяхъ къ шахтному дѣлу можно найти въ журналѣ *Zeitschrift des oesterreichischen Ingenieur- und Architecten-Vereines*, 1898 г., № 39, отъ 30 сентября.

Если въ схемѣ фиг. 51 сдѣлать $D = D_0$, тогда получимъ схему насоса простого дѣйствія I-й группы. Такъ какъ въ этомъ видѣ она не находитъ себѣ практическаго примѣненія, за отсутствіемъ у нея какихъ-либо преимуществъ противъ ранѣе разсмотрѣнныхъ схемъ I-й группы, поэтому тамъ о ней и не упоминалось вовсе.

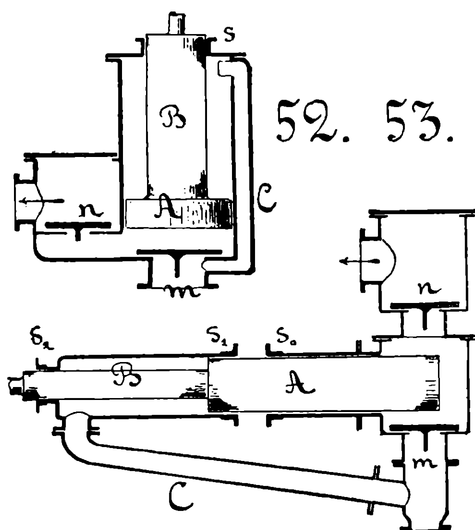
---

*) Въ Журн. на стр. 1539 на фиг. 3 имѣется ошибка: діам. верхней части плунжера помѣченъ размѣромъ 240 мм. вмѣсто 340 мм., которые слѣдуетъ имѣть по масштабу для чертежа.

в. Насосы простого дѣйствія III-й группы.

Всасываніе—непрерывно, нагнетаніе—полъоборота.

42. **Двѣ схемы устройства** такихъ насосовъ показаны на **фиг. 52** и **53**. Въ предыдущей группѣ насосовъ непрерывно происходило нагнетаніе, здѣсь непрерывно должно происходить всасываніе, поэтому и самыя схемы устройства насосовъ этой группы являются, такъ сказать, перефразировкою схемъ предыдущей группы насосовъ. Въ 1-й схемѣ (фиг. 52)—одна набивка внутренняя, другая внѣшняя, а во 2-й схемѣ (фиг. 53)—обѣ набивки внѣшнія. Когда поршень A приближается къ всасывающему клапану m, происходитъ нагнетаніе воды рабочей площадью F и всасываніе воды по каналу C рабочей площадью $F - F_0$; при обратномъ же ходѣ поршня, когда онъ удаляется отъ всасывающаго клапана, послѣдній открывается, и рабочая камера насоса, находившаяся въ непосредственномъ сообщеніи съ нагнетательной трубой въ предыдущемъ періодѣ, теперь является присасывающею объемъ $F.S$ при полномъ размахѣ поршня: часть этого объема $(F - F_0).S$ перейдетъ каналомъ C въ рабочую камеру, а объемъ $F_0.S$ будетъ проведенъ по всасывающей трубѣ. Если желаютъ, чтобы всасываніе жидкости происходило однообразно при обоихъ размахахъ поршня, и здѣсь необходимо удовлетворить ф-лу **18** (см. § 37).



Какъ это было уже объяснено ранѣе (см. § 28, III), насосы этой группы имѣютъ за собою исключительное право быть примѣненными въ случаѣ весьма большой длины всасывающаго трубопровода.

Насосы II-й и III-й группъ часто называются также ***насосами съ дифференціальнымъ поршнемъ.***

НАСОСЫ ДВОЙНОГО ДѢЙСТВІЯ.

43. **Производительность насосовъ двойного дѣйствія и способы ея полученія.** Въ предыдущей главѣ мы видѣли, что если F—площадь поршня и S—его ходъ, то насосъ простого дѣйствія за время 1 оборота своего вала (или двухъ полныхъ размаховъ поршня) подастъ объемъ жидкости, равный FS. Всякій другой насосъ, который, работая съ тою же скоростію, какъ и предыдущій, въ силу особенностей своего устройства будетъ въ состояніи подать за тотъ же промежутокъ времени объемъ жидкости, близкій къ $2 . F . S$, или равный этой величинѣ, принято называть ***насосомъ двойного дѣйствія***. Наиболѣе простое и естественное рѣшеніе вопроса о полученіи отъ насоснаго устройства двойной производительности заключается въ ***дублированіи*** насосовъ простого дѣйствія. Но это дублированіе должно быть осуществлено съ возможно малыми добавочными затратами труда, капитала и мѣста, какъ въ помѣщеніи станціи, такъ и внѣ ея. Выполненіе этого условія уже предполагаетъ, напримѣръ, что у насоса двойного дѣйствія будетъ одинъ свой трубопроводъ, а не **2** съ тѣми размѣрами, которые были у однодѣйствующаго насоса; затѣмъ дублированіе ***всѣхъ*** передаточныхъ частей между насосомъ и двигателемъ также нежелательно; словомъ, дублированіе должно быть выполнено обдуманно и должно распространиться только на тѣ части устройства, повтореніе которыхъ неизбѣжно вызывается самою сущностью устройства и дѣйствія насоса, какъ законченной машины.

Выраженіе объема жидкости, подаваемой за 1 оборотъ вала, можно читать или какъ $S . 2F$, или какъ $F . 2S$. Это наводитъ на мысль, что возможно осуществить также и спеціальныя устройства насосовъ, приспособленныя къ удвоенной производительности. Эта приспособленность, какъ видно, должна заключаться, или въ дублированіи рабочей площади поршня при томъ же его размѣрѣ, или же въ увеличеніи вдвое хода поршня при той же величинѣ площади его; но такъ какъ вопросъ разсматривается независимо отъ увеличенія скорости поршня, предполагая, что величина ея уже доведена до нормы, поэтому увеличеніе хода поршня вдвое можетъ потребовать или работы его и той и другой стороной, или же дублированія поршней съ одинаковой площадью.

Этихъ данныхъ уже достаточно, чтобы понять, насколько разнообразны могутъ быть и должны быть устройства насосовъ двойного дѣйствія, когда приходится считаться съ различными спеціальными требованіями, сообразно съ измѣненіями различныхъ факторовъ работы.

какъ-то: рода двигателя для насоса, природы перекачиваемой имъ жидкости, условій установки рабочей камеры насоса относительно источника и напорнаго бака, степени равномѣрности подачи жидкости, различныхъ стѣсненій относительно мѣста, отводимаго для установки насоса, условій эксплуатаціи его и т. д.

И дѣйствительно, классъ насосовъ двойного дѣйствія является наиболѣе обширнымъ изъ всѣхъ остальныхъ. Чтобы сдѣлать болѣе вѣрную критическую оцѣнку относящихся сюда конструкцій насосовъ, необходимо все время имѣть въ виду также и вліяніе ихъ на размѣры трубопровода, на болѣе или менѣе экономичное использованіе его. А для этого прежде всего необходимо знать и умѣть построить для каждой данной конструкціи насоса *графикъ объемовъ и скоростей* (см. § 12).

44. **Принципіальное различіе между группами насосовъ двойного дѣйствія** лучше всего можетъ быть установлено на основаніи различія въ формѣ графика. Въ связи съ этимъ находится и величина максимальной скорости движенія жидкости въ трубахъ и величина вредныхъ сопротивленій на всемъ протяженіи трубопровода.

I-ая группа. Все количество жидкости $2F.S$ присасывается насосомъ двойного дѣйствія при одномъ размахѣ поршней, а нагнетается при другомъ. Графикъ такой конструкціи насоса въ извѣстномъ масштабѣ можетъ представлять **фиг. 17** (см. выше § 28): для этого нужно только, чтобы радіусъ окружности AB изображалъ собою не F, а $2F$; тогда и всѣ ординаты кривой bce будутъ имѣть двойное противъ прежняго значеніе. Максимальная скорость и здѣсь будетъ болѣе средней на 57% (см. ф-лу **11** въ § 13), но это соотношеніе надо теперь выразить уже такъ—1,57.2c, или 3,14.c, т. е. ***максимальная скорость движенія жидкости въ трубахъ при насосахъ этой группы будетъ* втрое *больше той, которая соотвѣтствуетъ средней скорости поршня.*** При назначеніи размѣровъ трубопровода очень часто упускаютъ это обстоятельство изъ вида, и тогда при эксплуатаціи насоса приходится все время преодолѣвать весьма значительныя вредныя сопротивленія. Величина потеряннаго напора здѣсь будетъ *вчетверо* болѣе, чѣмъ у насоса простого дѣйствія 1-й группы (съ графикомъ по фиг. 17), и *въ 8 разъ* болѣе, чѣмъ у насоса простого дѣйствія 2-й группы, при одинаковыхъ размѣрахъ трубъ во всѣхъ трехъ случаяхъ.

Графикъ насосовъ этой группы самый нераціональный изъ всѣхъ встрѣчающихся въ практикѣ, и конструкціи насосовъ этой группы вовсе не заслуживали бы вниманія, если бы у нихъ не было нѣкоторыхъ тоже весьма своеобразныхъ другихъ свойствъ, представляющихъ иногда практическую цѣнность. Объ этихъ свойствахъ будетъ сказано въ своемъ мѣстѣ (см. § 46).

Если не дѣлать спеціальной конструкціи насоса этой группы, его можно получить, взявши 2 насоса I-й группы (графикъ фиг. 17) и заставивши ихъ работать отъ двухъ кривошиповъ, оси которыхъ все

время находятся въ одной плоскости. Такой способъ дублированія, слѣдовательно, недопустимъ.

Почти столь же нераціонально было бы сдваиваніе насосовъ простого дѣйствія I-ой группы и подъ угломъ въ 90° между кривошипами: складывая ординаты кривыхъ на графикѣ для одного насоса и для другого, не трудно найти и *max* суммы этихъ ординатъ; если начало нагнетательнаго періода для одного поршня отстаетъ на четверть оборота противъ другого поршня, *max* суммы ординатъ на графикѣ получится въ то время, когда ось кривошипа 1-го поршня на 45° еще не дойдетъ до линіи мертвыхъ точекъ, а кривошипъ 2-го поршня перейдетъ эту линію на 45°; поэтому *max* суммы ординатъ здѣсь будетъ:

$$2.F.\,Sin\ 45^0 = F.\ \sqrt{2} = 1{,}4.\,F,$$

т. е. эта комбинація въ сдваиваніи насосовъ простого дѣйствія даетъ *max* скорости уже на 30% менѣе, чѣмъ предыдущая, но тѣмъ не менѣе этотъ *max* все еще на 40% болѣе, чѣмъ это было у насоса простого дѣйствія, который надо было сдваивать.

Такимъ образомъ видно, что ***при сдваиваніи насосовъ простого дѣйствія 1-ой группы расположеніе осей кривошиповъ въ одной плоскости (подъ угломъ, равнымъ нулю) или подъ прямымъ угломъ не должно быть допускаемо.***

Курьезная ошибка этого рода произошла между прочимъ въ Америкѣ въ 1888 г. при постановкѣ колоссальныхъ водопроводныхъ машинъ въ гор. *Pitssburg* (см. ***Журн. общ. нѣм. инж.*** за 1893 г., № 22, стр. 606); паровая машина—типа компаундъ, діам. цилиндровъ 62 и 106 дм. (1575 и 2692 мм.), ходъ поршней 14 фут. (4,3 мт.); скальчатые насосы простого дѣйствія, діам. и ходъ плунжера 40 и 135 дюймовъ (3,4 метра); кривошипы у насоснаго вала были поставлены сначала *подъ угломъ въ 90°*, а затѣмъ ошибка была исправлена перестановкою ихъ на уголъ въ 180°.

Другую подобную же ошибку мнѣ пришлось недавно видѣть въ одномъ изъ проектовъ машинъ для крупнаго водоснабженія, присланныхъ на конкурсъ въ Москву однимъ изъ весьма извѣстныхъ американскихъ машиностроительныхъ заводовъ.

II-я группа. Полное количество жидкости $2F.S$, подаваемой насосомъ за 1 оборотъ вала распредѣляется *поровну* (или почти поровну) на оба размаха поршня; тогда при каждомъ размахѣ должно совершаться и всасываніе жидкости и нагнетаніе ея. Графикъ такого насоса въ извѣстномъ масштабѣ можетъ представить **фиг. 18** (см. выше § 28): для этого нужно только радіусъ окружности A_1B_1 сдѣлать равнымъ F вмѣсто $0{,}5.F$ и удвоить всѣ ординаты кривой $a_1mb_1c_1e_1$.

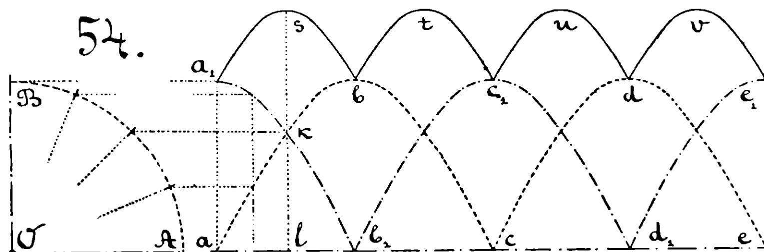
Max скорости въ трубахъ будетъ здѣсь, слѣдовательно, одинаковъ съ тѣмъ, который имѣли у насосовъ простого дѣйствія 1-й группы, но потерянный напоръ соотвѣтственно промежутку времени въ 1 оборотъ вала естественно здѣсь будетъ вдвое болѣе, чѣмъ тамъ.

Насосы этой группы принадлежатъ къ числу старѣйшихъ по времени изобрѣтенія, которое приписывается французскому академику *De la Hire* (1716).

Не выполняя спеціальнаго устройства, насосъ этой группы можно получить дублированіемъ насосовъ простого дѣйствія 1-й группы, если кривошипы у нихъ будутъ расположены подъ угломъ въ 180°.

III-я группа. Дублировать можно не только насосы простого дѣйствія 1-й группы, но также и 2-й. Это можетъ представить особыя выгоды при большой длинѣ нагнетательной трубы. Для однодѣйствующихъ насосовъ 2-й группы мы имѣли графикъ въ видѣ фиг. 18. Очевидно, что наиболѣе выгодное совмѣщеніе двухъ такихъ графиковъ получится, когда оси кривошиповъ у обоихъ насосовъ будутъ расположены не въ одной плоскости, а подъ прямымъ угломъ одна къ другой. Тогда будемъ имѣть новый графикъ, изображенный на **фиг. 54**: здѣсь окружность ***AB*** описана радіусомъ, равнымъ $0{,}5.F$; вся длина графика $ae = 2\pi.r$; пунктиромъ изъ однихъ черточекъ нанесена кривая $a\ b\ c\ d\ e$, представляющая собою графикъ 1-го однодѣйствующаго насоса 2-й группы во время нагнетанія; пунктиромъ же изъ черточекъ и точекъ нанесенъ графикъ 2-го такого же насоса въ видѣ кривой $a_1b_1c_1d_1e_1$, причемъ

$$ab_1 = b_1c = cd_1 = d_1e = 0{,}5.\pi.r$$



Результатомъ сложенія ординатъ обѣихъ названныхъ кривыхъ явилась кривая $a_1sbtc_1udve_1$. Она будетъ представлять собою графикъ сдвоеннаго насоса; въ этомъ случаѣ *max* скорости будетъ соотвѣтствовать ординатѣ

$$sl = 2\ kl = \frac{F.\sqrt{2}}{2} = 0{,}707.\ F\ldots\ldots \text{ при } al = \frac{\pi.\ r}{4}$$

Пусть средняя скорость движенія жидкости въ трубахъ соотвѣтствуетъ нѣкоторой ординатѣ y на графикѣ, тогда:

$$y.2\ \pi.r = 2\ F.S = 2F.2r, \text{ откуда}$$

$$y = \frac{2F}{\pi},\ \text{поэтому}\ \frac{sl}{y} = \frac{0{,}707.\pi}{2} = 1{,}11\ \ldots\ldots\ \mathbf{19},$$

т. е. ***въ насосѣ двойного дѣйствія III-й группы максимальная скорость движенія воды въ нагнетательной трубѣ превосходитъ среднюю скорость только на 11%.***

Извѣстно, что періодъ всасыванія у насосовъ простого дѣйствія I-й и II-й группъ совершается одинаково, т. е. въ теченіе одного лишь размаха поршня, поэтому при нанесеніи всасывающихъ графиковъ одного на другой, получимъ *max* ординаты равнымъ $F . \sqrt{2}$. Періодъ всасыванія у сдвоеннаго насоса будетъ продолжаться три четверти оборота, поэтому средняя ордината Y_1 всасывающаго графика вычислится такъ:

$$Y_1 . \frac{3}{4} . 2\ \pi . r = 2F . S, \text{ откуда } Y_1 = \frac{8 . F}{3\ \pi},$$

а отношеніе максимальной ординаты всасывающаго графика къ средней его ординатѣ будетъ

$$F . \sqrt{2} : \frac{8 . F}{3\ \pi} = \frac{3\ \pi . \sqrt{2}}{8} = 1{,}66 \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad \mathbf{20},$$

т. е. *въ случаѣ существованія магистральной всасывающей трубы, общей для обоихъ насосовъ, составляющихъ устройство 3-й группы, максимальная скорость въ магистрали будетъ выше средней не на 57%* (какъ было въ двухъ предыдущихъ группахъ), *а на* **66%**. Это обстоятельство не должно быть упущено изъ вида,—особенно при значительной длинѣ такой магистрали.

Если дублированіе однодѣйствующихъ насосовъ II-й группы будетъ сдѣлано, располагая кривошипы обоихъ насосовъ въ одной плоскости (подъ угломъ 0^0 или 180^0), то всѣ ординаты графика фиг. 18 будутъ, очевидно, удвоены, затѣмъ *max* ординаты составного графика будетъ $= F$ вмѣсто $0{,}71 . F$ на графикѣ фиг. 54, и новый *max* будетъ повторяться въ теченіе оборота только 2 раза вмѣсто бывшихъ ранѣе четырехъ разъ. Слѣдовательно, *дублированіе однодѣйствующихъ насосовъ 2-й группы съ осями кривошиповъ въ одной плоскости* (подъ угломъ 0^0 или 180^0) *является невыгоднымъ и не должно быть допускаемо.*

Сдваиваніе насосовъ простого дѣйствія 3-й группы встрѣчается въ практикѣ очень рѣдко. Оно можетъ имѣть значеніе только при очень длинной всасывающей магистрали. Всѣ данныя для подобнаго дублированія можно заимствовать отъ только что разсмотрѣнныхъ здѣсь насосовъ двойного дѣйствія 3-й группы, если имѣть въ виду, что данныя приведенныя здѣсь относительно нагнетанія, тамъ будутъ относиться къ періоду всасыванія и наоборотъ.

45. **Сравнительная оцѣнка насосовъ простого и двойного дѣйствія всѣхъ группъ,** на основаніи предыдущаго, можетъ быть охарактеризована данными нижеслѣдующей таблицы 2-й (въ ней повторены также и данныя табл. 1-й изъ § 29):

ТАБЛИЦА 2-я.

Группы насосовъ.		При скорости поршня = 1, *max* скорости въ трубѣ достигаетъ.		Сколько разъ повторяется *max* скорости въ трубѣ при 1 оборотѣ вала.	
		Въ нагнетательной трубѣ.	Во всасывающей трубѣ.	Въ нагнетательной трубѣ.	Во всасывающей трубѣ.
Простого дѣйствія.	I	1,57	1,57	1	1
	II	0,78	1,57	2	1
Двойного дѣйствія.	I	3,14	3,14	1	1
	II	1,57	1,57	2	2
	III	1,11	1,66	4	1

Данныя таблицы 2-й показываютъ намъ, что изъ всѣхъ группъ насосовъ, разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ, наиболѣе совершенною въ смыслѣ равномѣрности подачи жидкости въ нагнетательную трубу является III-я группа насосовъ двойного дѣйствія.

a. Насосы двойного дѣйствія I-й группы.

Полъоборота—присасывается 2F.S, полъоборота—нагнетается 2F.S.

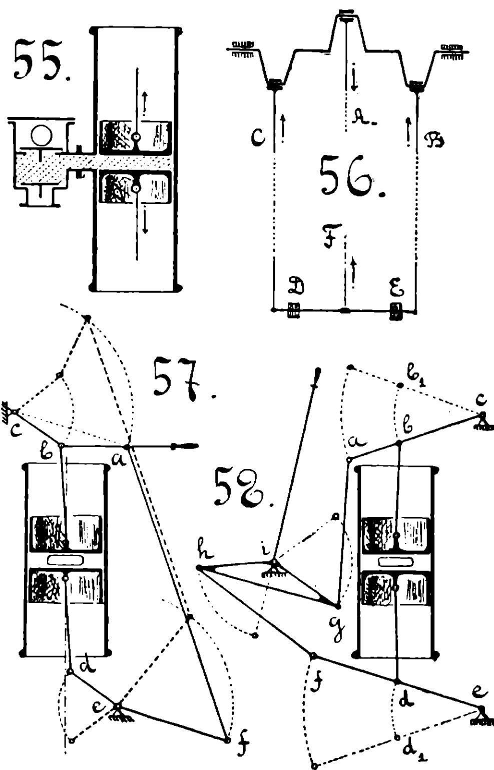
46. **Насосъ съ двумя клапанами и механизмы для приведенія его въ движеніе.** Насосы этой группы работаютъ по графику, подобному фиг. 17 (при условіи $OA = 2F$). Этотъ графикъ самый несовершенный изъ всѣхъ: при его осуществленіи вода проводится по трубамъ все время со скоростью вдвое большею, чѣмъ въ насосахъ простого дѣйствія I-й группы (см. данныя таблицы 2-й въ § 45); для уменьшенія потеряннаго напора отъ тренія воды въ трубахъ, послѣднія должны быть много большаго діаметра и большаго вѣса, чѣмъ въ насосахъ простого дѣйствія. Поэтому сдваивать насосы простого дѣйствія для работы по этому именно графику, т. е. съ кривошипами въ одной плоскости подъ угломъ равнымъ 0° одинъ къ другому, не рекомендуется.

Но существуетъ въ этой группѣ насосовъ одна спеціальная конструкція, которой присущи нѣкоторая оригинальность и достоинства. Идею устройства ея иллюстрируетъ **фиг. 55**: *цилиндровъ* здѣсь всего

одинъ, однако онъ приспособленъ для размаха въ немъ двухъ глухихъ (непроходныхъ) поршней въ разныя стороны; ***клапанная коробка одна***— съ однимъ всасывающимъ и однимъ нагнетательнымъ клапаномъ; ***цилиндры*** могутъ быть ***открыты съ концовъ***, и поршни могутъ соединяться прямо съ головками шатуновъ; ***набивокъ*** здѣсь всего ***двѣ*** и обѣ внѣшнія (у поршней), состояніе которыхъ и неудачная работа легко могутъ быть контролируемы; ***вредное пространство*** въ цилиндрѣ, покрытое на схемѣ штрихами, возможно имѣть очень ***небольшой величины***; ***рабочія давленія*** на поршни взаимно уравновѣшены и ***вовсе не передаются на скрѣпленія цилиндра съ рамой***, они воспринимаются только опорными частями передаточнаго механизма.

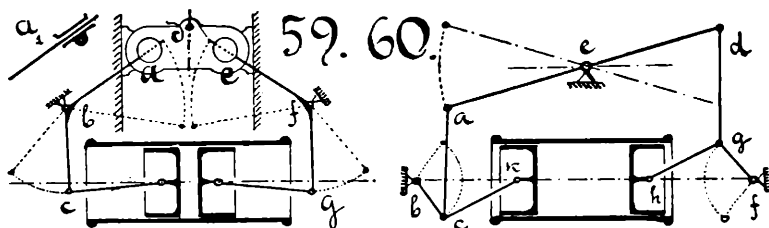
Поршни должны имѣть здѣсь движеніе въ разныя стороны — въ одно время расходиться и затѣмъ опять одновременно сближаться.

Чтобы осуществить такого рода движеніе поршней, *Hubert* въ 1860 г. предложилъ передачу съ 3-колѣнчатымъ валомъ и тремя шатунами—**фиг. 56**: отъ средняго колѣна идетъ шатунъ ***A*** непосредственно къ верхнему поршню; отъ двухъ крайнихъ колѣнъ вала, поставленныхъ къ среднему подъ угломъ 180°, спускаются внизъ по обѣ стороны цилиндра два одинаковой длины шатуна ***B*** и ***C***; они сочленяются съ траверсой ***DE***, направляемой въ своемъ движеніи 2 ползунами; отъ траверсы помощію короткаго шатуна ***F*** заимствуетъ свое движеніе нижній поршень. Сложность этого механизма, его громоздкость и дороговизна исполненія дѣлали общую конструкцію насоса мало практичною.



Lippold предложилъ болѣе простую схему механизма, представляющую собою комбинацію рычаговъ 1-го—2-го рода: *e* и *c*—двѣ неподвижныя оси вращенія; *abc* и *def*—два рычага, сочлененные между собою однимъ шатуномъ или ***поводкомъ*** *af*; въ *b* и *d* присоединяются къ механизму два короткихъ шатуна, шарнирно связанные съ поршнями; механизмъ можетъ быть приведенъ въ движеніе отъ руки за коромысло *ac*, или же отъ привода; въ этомъ послѣднемъ случаѣ для сообщенія движенія рычагу *ac* понадобится еще шатунъ (безъ ползуна), одноколѣнчатый валъ или кривошипъ. Размѣры частей механизма и взаимное расположеніе ихъ ясно видно на **фиг. 57** и понятны безъ описанія.

Я предлагаю три другія схемы механизмовъ, столь же легко осуществимыя, какъ и схема *Lippold*, и позволяющія дѣлать передачу всѣхъ давленій также въ одной плоскости, безъ всякихъ перекосовъ. Первую схему изображаетъ **фиг. 58**: *abc* и *fde*—поршневые рычаги съ осями вращенія въ *c* и *e*; *ag* и *f h*—поводки, связывающіе предыдущія части механизма съ осью *i*, которая можетъ быть осью пріемнаго рычага или коромысла; соотношенія между длинами главныхъ частей механизма достаточно ясно объясняетъ сама схема. Если бы нужно было, напр., чтобы ось *i* получала непрерывное вращеніе отъ ручного маховика или



отъ привода посредствомъ ременной передачи, тогда слѣдовало бы ось *i* замѣнить двухколѣнчатымъ валомъ съ колѣнами подъ угломъ въ 180° и выполнить длины *ac* и *ef* одинаковыми и равными разстоянію оси *i* отъ оси цилиндра. При выполненіи передачи по схемѣ фиг. 58 полезно будетъ оси *c* и *e* расположить такимъ образомъ, чтобы при наиболѣе близкомъ положеніи поршней линіи *ac* и *ef* были параллельны и чтобы ось цилиндра по прежнему дѣлила пополамъ горизонтальную проекцію дугъ bb_1 и dd_1. Затѣмъ еще лучше будетъ взять ось *i* на одной горизонтали съ *c*, тогда возможно будетъ обойтись безъ поводка *ag* и занять всѣмъ механизмомъ въ ширину значительно меньше мѣста.

На **фиг. 59** дана вторая моя схема механизма для той же цѣли: *dae*—ползунъ, получающій движеніе отъ приводнаго вала вдоль вертикали; рычаги *ab* и *ef* свободно проходятъ сквозь поперечныя отверстія въ валикахъ *a* и *e*, а сами валики соединены вращательной парой съ ползуномъ; другая комбинація подобнаго же соединенія дана въ a_1.

Наконецъ на **фиг. 60** дана 3-я моя схема, обладающая нѣкоторыми своеобразными свойствами: *b* и *f*—два неподвижныхъ шарнирныхъ болта: съ ними связаны поводки *bc*, *ck* на одной сторонѣ, *fg* и *gh* на другой: «распрямленіе» ломаныхъ линій *bck* и *fgh*, представляющихъ собою оси поводковъ, и отведеніе ихъ на другую сторону отъ оси цилиндра дѣлаетъ коромысло *ad* и два шатуна *ac* и *dg*; при каждомъ 1 размахѣ коромысла каждый изъ поршней здѣсь будетъ дѣлать по 2 полныхъ качанія, т. е. механизмъ дублируетъ число оборотовъ поршня и можетъ представлять извѣстныя выгоды при устройствѣ ручной передачи къ насосу (или пожарной трубѣ).

б. Насосы двойного дѣйствія II-й группы.

Всасываніе и нагнетаніе—при каждомъ размахѣ поршня.

1. Насосы безъ клапановъ.

47. **Насосъ Кребера**, изображенный на **фиг. 20** (см. § 31), легко можетъ быть обращенъ въ насосъ двойного дѣйствія. Для этого нужно сдѣлать слѣдующія измѣненія въ конструкціи и назначеніи частей его:

а) приводить насосъ въ движеніе, вращая валъ *k* отъ фабричнаго привода или какого-угодно двигателя,

б) довести размѣры плунжера *e* до размѣровъ штока e_1, удовлетворяющихъ условіямъ крѣпости,

в) сдѣлать трубу *a* всасывающею, а оба канала *m* и *n* соединить съ общей нагнетательной трубой, и послѣ ихъ сліянія поставить возвратный клапанъ *q*.

Такая конструкція насоса будетъ отличаться отъ устройства простого дѣйствія только болѣе ровнымъ изнашиваніемъ и одинаковымъ на обѣ стороны давленіемъ у шиповъ *O* и у шеекъ вала *k*.

Кромѣ насосовъ *Кребера*, работаютъ безъ клапановъ также насосы *Шмида*, *Межи*, *Висса* *) и др., но конструкція ихъ не отличается практичностью: она сложна, изнашиваніе частей значительное и неправильное, распредѣленіе рабочихъ давленій на трущихся поверхностяхъ не вполнѣ раціональное, поглощеніе работы на преодолѣніе добавочныхъ моментовъ силъ тренія очень большое.

Примѣненіе всѣхъ насосовъ безъ клапановъ ограничивается качкою чистой воды и съ умѣренной скоростью.

При качкѣ чистой воды клапаны могутъ быть замѣнены золотникомъ, движеніе котораго можетъ управляться эксцентрикомъ. Такой золотникъ въ среднемъ его положеніи не долженъ, разумѣется, имѣть перекрышъ у впускныхъ каналовъ ни съ внутренней стороны, ни съ внѣшней. Чертежи подобныхъ насосовъ съ цилиндрическими уравновѣшенными золотниками можно найти въ соч. ***Busley—Schiffsmaschine*, *Bd.*** II, на табл. 54 (насосъ ***Penn***), а также въ журналѣ ***Engineering***, 1886, ***aug.*** 20, стр. 195 (насосъ ***Joicey & Co.***).

2. Одноцилиндровые насосы двойного дѣйствія съ 4-мя клапанами.

Особенности конструкціи.	Цилиндровъ — *одинъ*. Набивокъ — *двѣ* (одна у поршня, другая у сальника). Клапановъ — *четыре*, они размѣщены или въ 4 коробкахъ, или въ двухъ, или въ одной.

---

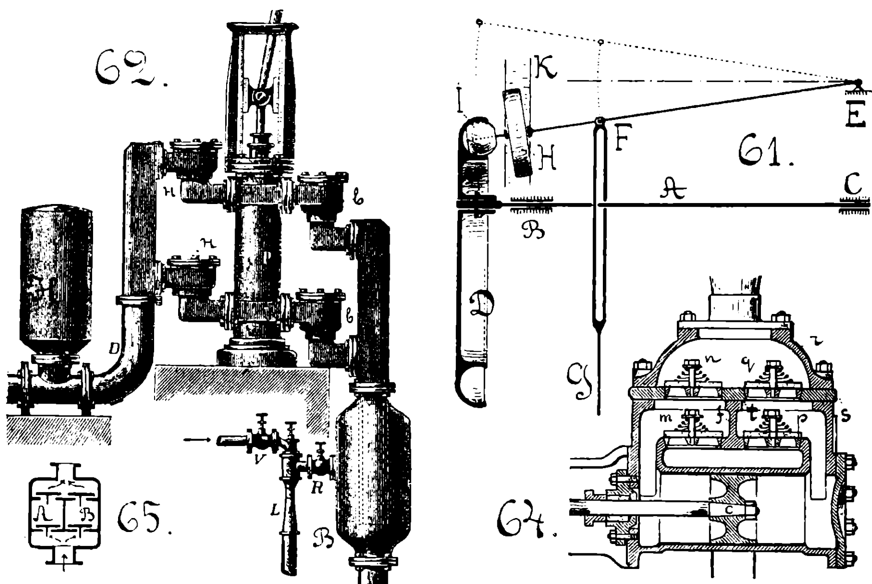
*) Чертежи и описаніе ихъ работы помѣщены у *Poillon* въ его работѣ *Traité théorique et pratique des pompes*.

Приведеніе въ движеніе можетъ быть отъ руки, отъ фабричнаго привода, отъ особаго двигателя (непосредственно или съ промежуточнымъ механизмомъ).

Ограниченіе размаха поршня и возвратное качательное движеніе его дѣлаетъ или шатунный механизмъ (съ кривошипомъ, иногда съ колѣнчатымъ валомъ въ одно колѣно), или рѣже эксцентрикъ.

Вѣтряные двигатели, приспособленные для качки воды, снабжаются обыкновенно тоже колѣнчатыми валами, но устройство двигателя съ такими валами выходитъ часто громоздкимъ и, желая избѣжать этого, выполняютъ механизмъ иногда недостаточно прочнымъ, имѣя тогда дѣло, разумѣется, съ частыми поломками колѣнчатыхъ валовъ.

Инженеръ-механикъ В. П. Давыдовъ, создавшій русскій типъ вѣтряного двигателя съ раціональнымъ саморегулированіемъ его, при устройствѣ двигателей, приспособленныхъ для качки воды, въ послѣднее время вовсе не употребляетъ колѣнчатыхъ валовъ, замѣнивъ ихъ весьма простымъ механизмомъ. Идею устройства его объясняетъ **фиг. 61**: *A* — прямой валъ двигателя, лежащій на опорахъ *B* и *C*; слѣва на концѣ вала накрѣпко посаженъ эксцентрикъ *D*, ободъ котораго расточенъ такимъ образомъ, что внутри его можетъ катиться шаръ *I*; къ диску эксцентрика слѣва приливаются гнѣзда, въ которыя будутъ вставлены махи вѣтряного колеса; *EF* — рычагъ съ неподвижной осью вращенія въ *E*; на лѣвомъ концѣ рычага находятся роликъ *H* и шаръ *I*; роликъ *H* соединенъ съ рычагомъ парой вращенія и можетъ перемѣщаться между вертикальными неподвижными направляющими линейками



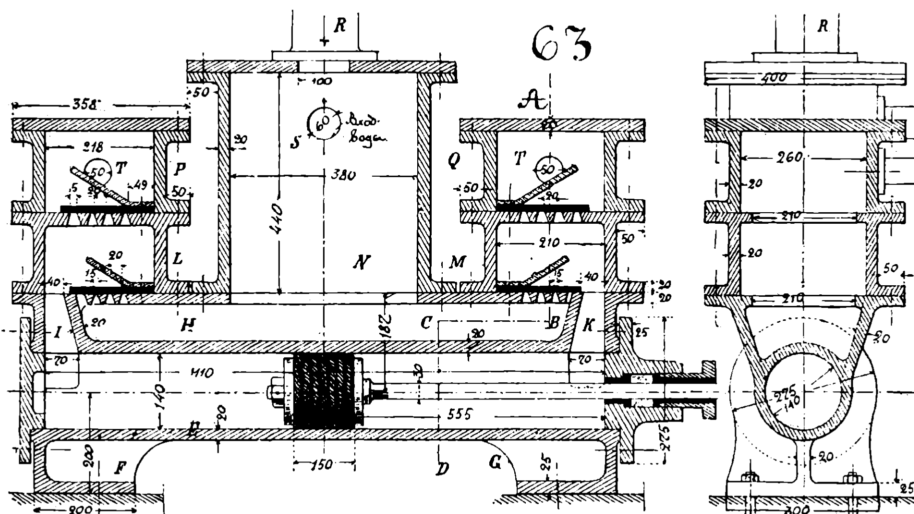
K: шаръ *I* соединенъ съ цилиндрическимъ лѣвымъ концомъ рычага *EF* такъ, что онъ можетъ имѣть еще движеніе и вдоль оси рычага, когда это будетъ необходимо: на шарнирномъ болтѣ *F* подвѣшенъ поводокъ *FG*, идущій къ насосному поршню; верхняя часть этого поводка снаб-

жена вертикальнымъ прорѣзомъ, сквозь который и пропущенъ валъ *A*. Механизмъ этотъ весьма простъ, треніе скольженія въ частяхъ его замѣнено треніемъ катанія, и размѣры верхней части вѣтряного колеса, поворачивающейся при саморегулированіи двигателя вокругъ вертикальной оси, могутъ не имѣть большого плеча тренія.

48. **Насосы съ клапанами въ 4-хъ отдѣльныхъ коробкахъ.** Первоначальная идея устройства такихъ насосовъ принадлежитъ *De la Hire*. Въ новѣйшихъ устройствахъ этого рода всѣ клапаны обыкновенно дѣлаются совершенно одинаковыми, и коробки для нихъ отливаются по одной и той же модели. Чтобы уменьшить объемъ вреднаго пространства у насоснаго цилиндра, входныя и выходныя отверстія у цилиндра и коробокъ часто дѣлаются въ этомъ случаѣ съ прямоугольнымъ сѣченіемъ, большая изъ сторонъ котораго перпендикулярна къ оси цилиндра.

A. **Модель завода братьевъ Кёртингъ** *(Gebr. Koerting, Hannover)* изображена на **фиг. 62**: *P* — насосный цилиндръ, *b, b* — коробки со всасывающими клапанами, *н, н* — съ нагнетательными, *B* — всасывающій колпакъ, *D* — нагнетательная труба, *H* — воздушный колпакъ на ней. Если длина трубы очень значительна, разрѣженіе воздуха въ колпакѣ *B* отъ времени до времени производится паровымъ эжекторомъ *L*: при немъ — паровпускной вентиль *V*; разобщеніе эжектора отъ колпака *B* дѣлается вентилемъ *R*.

Б. **Модель инженеръ-механика Р. К. Пиге** представлена на **фиг. 63** въ примѣненіи къ устройству воздушнаго насоса и была



опубликована мною въ *Техническомъ Сборникѣ* (1892 г., № 4, стр. 157): слѣва данъ продольный вертикальный разрѣзъ насоса, а справа — поперечный по линіи *ABCD*; *N* — холодильникъ; труба *R* приводитъ въ него отработавшій въ машинѣ паръ, а труба *S* — холодную воду; оси этихъ трубъ взаимно перпендикулярны; *H* — каналъ, который ведетъ

воду непосредственно подъ всасывающіе клапаны; *K*, *I* — каналы, соединяющіе клапанныя коробки съ цилиндромъ; *T* — трубы, отводящія воду изъ насоса. Коробки *L* и *M* для всасывающихъ клапановъ отлиты по одной модели, а коробки *P* и *Q* — для нагнетательныхъ клапановъ могутъ быть отлиты по той же модели, но съ другой формой внутренняго стержня. Конструктивныя формы насоса и обработка ихъ крайне просты и удобны. Размѣры насоса таковы: $D = 140$ мм., $S = 915$, $n = 36$, $c = 1{,}01$ мт. въ сек.

Въ ***Атласѣ насосовъ*** на табл. 12 данъ детальный чертежъ вертикальнаго приводнаго насоса ($D = 200$, $S = 450$) съ 4-мя отдѣльными клапанными коробками. Условія работы насоса выписаны на самой таблицѣ.

Относительно насосовъ двойного дѣйствія съ клапанами, размѣщенными въ 4-хъ отдѣльныхъ коробкахъ, нужно сдѣлать нѣкоторыя общія замѣчанія:

а) Размѣры коробокъ здѣсь ничѣмъ не стѣснены, поэтому въ такихъ насосахъ легко осуществляется свободный проходъ жидкости чрезъ коробки съ умѣренной скоростью, и эта система наиболѣе пригодна для различныхъ заводскихъ цѣлей. При качкѣ нечистыхъ и вязкихъ жидкостей діаметръ клапанныхъ коробокъ нерѣдко бываетъ болѣе діаметра насоснаго цилиндра.

б) Доступъ къ клапанамъ въ этихъ насосахъ совершенно свободенъ.

в) Внутренняя поршневая набивка дѣлаетъ насосъ пригоднымъ для работы только при умѣренныхъ давленіяхъ (примѣрно, до 4—5 атм.).

г) Насосъ занимаетъ довольно много мѣста. На фиг. 62 оси всѣхъ трубъ и насоснаго цилиндра показаны въ одной плоскости: на табл. 12 въ ***Атл. нас.*** имѣемъ другую комбинацію въ расположеніи трубъ: тамъ же показанъ и способъ воспринятія давленій на фундаментъ отъ вѣса вертикальнаго трубопровода и заключенной въ немъ воды, не нагружая ими соединительные болты у флянцевъ.

49. **Насосы съ клапанами, размѣщенными въ одной общей коробкѣ. Общія замѣчанія.** Комбинацій въ устройствѣ коробки, въ расположеніи ея относительно цилиндра и въ способахъ выполненія свободнаго доступа къ клапанамъ, размѣщеннымъ въ ней, можетъ быть осуществлено большое множество, но существуютъ *общіе признаки* устройства коробки и *общія требованія*, которыя должны быть въ немъ выполнены и безъ чего нельзя считать самое устройство раціональнымъ.

Какъ бы своеобразно ни были расположены клапаны въ коробкѣ, *общими признаками* для устройства является слѣдующее:

1) всѣ всасывающіе клапаны (или группы ихъ въ случаѣ большой площади прихода и мелкихъ по своимъ размѣрамъ клапановъ) ***нижними*** частями находятся въ сообщеніи со всасывающей трубой и ея расширенной частью при соединеніи съ клапанной коробкой; никакихъ перегородокъ въ коробкѣ съ этой стороны (*снизу*) нѣтъ и быть не должно:

2) всѣ нагнетательные клапаны (или группы ихъ) ***верхними*** своими частями находятся въ сообщеніи съ нагнетательной трубой, и опять никакихъ перегородокъ съ этой стороны (***сверху***) въ коробкѣ быть не должно;

3) всасывающіе клапаны для одной стороны поршня обязательно должны быть отдѣлены ***непроницаемою*** перегородкой отъ всасывающихъ клапановъ другой стороны.

На основаніи этого общую схему 4-хъ-клапанной коробки можно изобразить въ видѣ **фиг 65**. пространство *A* и *B* должны быть раздѣлены вертикальной непроницаемой перегородкой и порознь сообщены съ концами насоснаго цилиндра ***соединительными каналами***: эти каналы могутъ начинаться въ коробкѣ или на задней ея стѣнкѣ, или на крайнихъ боковыхъ; соединительные каналы могутъ итти или въ горизонтальномъ направленіи или въ вертикальномъ, смотря по расположенію оси цилиндра.

Общія требованія, предъявляемыя къ устройству каждой 4-хъ-клапанной коробки, суть:

1) Площади проходныхъ отверстій въ клапанахъ и соединительныхъ каналахъ должны имѣть достаточную величину, чтобы жидкость могла двигаться всюду съ умѣренной скоростью. Весьма часто это требованіе оказывается невыполненнымъ, вслѣдствіе существованія у конструктора естественнаго стремленія сдѣлать все устройство насоса болѣе уютнымъ и легкимъ.

2) Жидкость при слѣдованіи ея чрезъ коробку и соединительные каналы должна встрѣчать возможно меньше крутыхъ поворотовъ, рѣзкихъ суженій и расширеній поперечнаго сѣченія проходного отверстія. Это требованіе въ громадномъ большинствѣ случаевъ оказывается не выполненнымъ и часто совсѣмъ не потому, чтобы нельзя было этого сдѣлать, а просто по небрежности конструктора.

3) Объемъ вреднаго пространства по стольку, по скольку это зависитъ отъ устройства и расположенія коробки, долженъ быть возможно малымъ. Это требованіе находится въ прямомъ противорѣчіи съ 1-мъ, поэтому во всей полнотѣ оно и не можетъ быть выполнено, имъ регулируются только явныя конструктивныя несообразности въ видѣ ненужнаго отнесенія всей клапанной коробки въ сторону отъ цилиндра, въ видѣ ничѣмъ не вызываемаго мѣстнаго расширенія только нѣкоторыхъ проходныхъ сѣченій у каналовъ и т. п.

4) Коробка должна быть выполнена такъ, чтобы изъ пространствъ *A* и *B* (фиг. 65), гдѣ происходитъ разрѣженіе въ періодъ всасыванія, воздухъ свободно удалялся въ нагнетательную трубу и ея воздушный колпакъ.

5) Перегородка между пространствами *A* и *B* должна быть непроницаема ни для жидкости, ни для воздуха, и раціональное устройство коробки должно быть приспособлено къ легкому контролированію этого какъ на заводѣ, который строитъ насосъ, такъ и потребителемъ его. Большинство конструкцій коробокъ этому требованію не удовлетворяетъ,

и въ рыночныхъ дешевыхъ устройствахъ, выпускаемыхъ недобросовѣстными заводами, встрѣчаются очень крупные недочеты въ исполненіи этого требованія, неизбѣжно отражающіеся на производительности насоса. Никакія трещины, задѣланные свищи и раковины и т. п. дефекты въ стѣнкѣ между пространствами *A* и *B* недопустимы. Это требованіе иногда является также невыполненнымъ просто потому, что оба ***пространства A и B перекрываются общей крышкой***, которая, плотно закрывая фланцы по внѣшнему периметру отверстій, можетъ оставлять внутри ничѣмъ не контролируемое сообщеніе между пространствами *A* и *B*.

6) Конструкція коробки должна позволять свободную, ничѣмъ не затрудненную обработку рѣзцомъ всѣхъ поверхностей, которыя этого требуютъ по самой сущности дѣла. Въ «уютныхъ» коробкахъ это требованіе обыкновенно не бываетъ удовлетворено, обработку приходится вести длинными, дрожащими, сдающими рѣзцами, и о правильности обработанныхъ поверхностей въ такихъ случаяхъ не можетъ быть и рѣчи.

7) Осмотръ клапановъ долженъ быть легкимъ и доступнымъ. Совсѣмъ не рѣдкость такія конструкціи рыночныхъ дешевыхъ насосовъ, гдѣ удовлетворено бываетъ вполнѣ одно только это условіе, а всѣ остальныя въ большей или меньшей мѣрѣ игнорированы.

8) Устройство коробки не должно требовать разъединенія насоса съ трубами (всасывающей и нагнетательной), чтобы имѣть доступъ къ клапанамъ. Встрѣчается масса дешевыхъ насосовъ, гдѣ это требованіе не выполнено. Непростительное игнорированіе его можно встрѣтить иногда и въ дорогихъ устройствахъ, чертежи которыхъ публикуются въ журналахъ, подаются при заявленіяхъ и смѣтахъ.

Вообще нужно рекомендовать особую осторожность и осмотрительность въ примѣненіи насосовъ съ общей клапанной коробкой.

Познакомившись съ этими общими соображеніями, перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію различныхъ конструкцій коробокъ, встрѣчающихся въ практикѣ.

Конструкція насоса съ 4-клапанной коробкой, отлитой съ цилиндромъ въ одномъ цѣломъ была выработана французомъ *Japy* и представлена имъ на Парижскую выставку 1855 г., хотя подобныя же 4-клапанныя коробки, поставленныя отдѣльно отъ цилиндра, употреблялись въ Германіи *Reichenbach'омъ* еще въ 1808 г.

50. **Конструктивные типы 4-клапанныхъ коробокъ.** Такія коробки могутъ располагаться относительно цилиндра — или сверху, или сбоку, но ***никогда не подъ цилиндромъ***, иначе требованіе 4-е предыдущаго § не будетъ выполнено.

На **фиг. 64** представлена конструктивная схема 4-клапанной коробки, выполняемой очень многими заводами и располагаемой сверхъ цилиндра; *m* и *p* — всасывающіе клапаны, *n* и *q* — нагнетательные; для осмотра ихъ надо снимать крышку *r* и клапанную доску *s*. При выпол-

неніи и употребленіи этой коробки необходимо обратить вниманіе, чтобы стыкъ *t* между доскою *s* и стѣнкою *f* былъ совершенно непроницаемъ, иначе требованіе 5-е § 49 не будетъ выполнено.

Детальное устройство такихъ коробокъ изображено въ ***Атл. нас.*** на табл. 54 и 56 (для гуттаперчевыхъ клапановъ) и на табл. 69 въ лѣвомъ нижнемъ углѣ ея (для металлическихъ клапановъ).

Весьма распространенъ въ практикѣ очень простой типъ подобнаго устройства съ кожаными откидными клапанами, которые прикрѣплены къ кускамъ той же самой кожи, которая для герметичности заложена и между фланцами.

Очень часто называютъ такіе насосы «*калифорнскими*» по мѣсту ихъ перваго употребленія. Конструкціи ихъ встрѣчаются и съ вертикальной осью цилиндра и съ горизонтальной. Впослѣдствіи стали заимствовать идею устройства этихъ коробокъ и для металлическихъ клапановъ.

Изобрѣтеніе «калифорнскаго» насоса было сдѣлано американцемъ *Hansbrow* въ 1862 году.

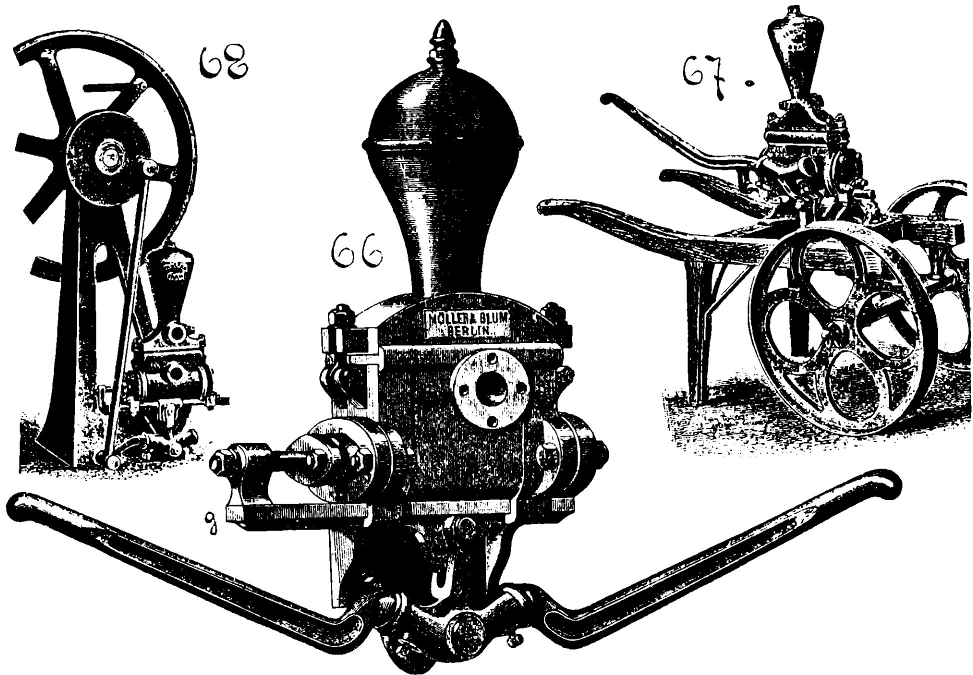
Конструктивное устройство горизонтальнаго калифорнскаго насоса (***D*** = 180 мм., ***S*** = 360) дано въ ***Атл. нас.*** на табл. 3. Во всѣхъ этихъ насосахъ весьма сомнительно выполненіе требованія 5-го § 49 (т. е. замыканіе стыковъ *t* на фиг. 64, которыхъ здѣсь къ тому же 2, а не одинъ, такъ какъ начало нагнетательной трубы расположено въ срединѣ доски *s*).

Детальное устройство клапанной коробки калифорнскаго типа съ металлическими клапанами для горизонтальнаго насоса приведено въ ***Атл. нас.*** на табл. 7. Несовершенное выполненіе требованія 5-го § 49 имѣетъ мѣсто и здѣсь. Кромѣ того, долженъ быть измѣненъ *способъ подвѣса* всасывающихъ клапановъ противъ показаннаго на чертежѣ, иначе они скоро не будутъ плотно закрываться; какого характера измѣненіе въ способѣ подвѣса слѣдуетъ сдѣлать, нетрудно догадаться самому.

Калифорнскіе насосы строятся для ручной работы, приводной и отъ двигателей разнаго рода, кончая паровыми (см. ***Атл. нас.***, табл. 7 и 8).

На **фиг. 66** дано изображеніе передачи ручного настѣннаго калифорнскаго насоса, приводимаго въ движеніе отъ 2 отъемныхъ рукоятокъ; вертикальное плечо рычага удобоподвижно соединено съ ползушкой *g*, отъ которой идетъ уже непосредственная передача къ штоку насоснаго поршня. Такіе насосы строятся съ діам. въ $2^1/_2$, 3, 4 и 5 дм. при подачѣ воды на небольшую высоту. Для болѣе тяжелой работы устройство передачи мало пригодно, такъ какъ ползушка *g* нагружается эксцентрично, въ работѣ выгибается сама, гнетъ поршневой штокъ и причиняетъ неровное изнашиваніе сальниковъ и своихъ направляющихъ подъ цилиндромъ.

На **фиг. 67** показано то же самое устройство насоса и передачи къ нему, но только все приспособлено для работы на перевозной телѣжкѣ. На **фиг. 68**—дано изображеніе передачи отъ непрерывно вращающагося маховика. Требованіе 8-е предыдущаго § между прочимъ здѣсь не выполнено, такъ какъ на фиг. 67—68 нагнетательная труба показана присоединенною непосредственно къ воздушному колпаку, который надо будетъ отнимать для осмотра клапановъ.



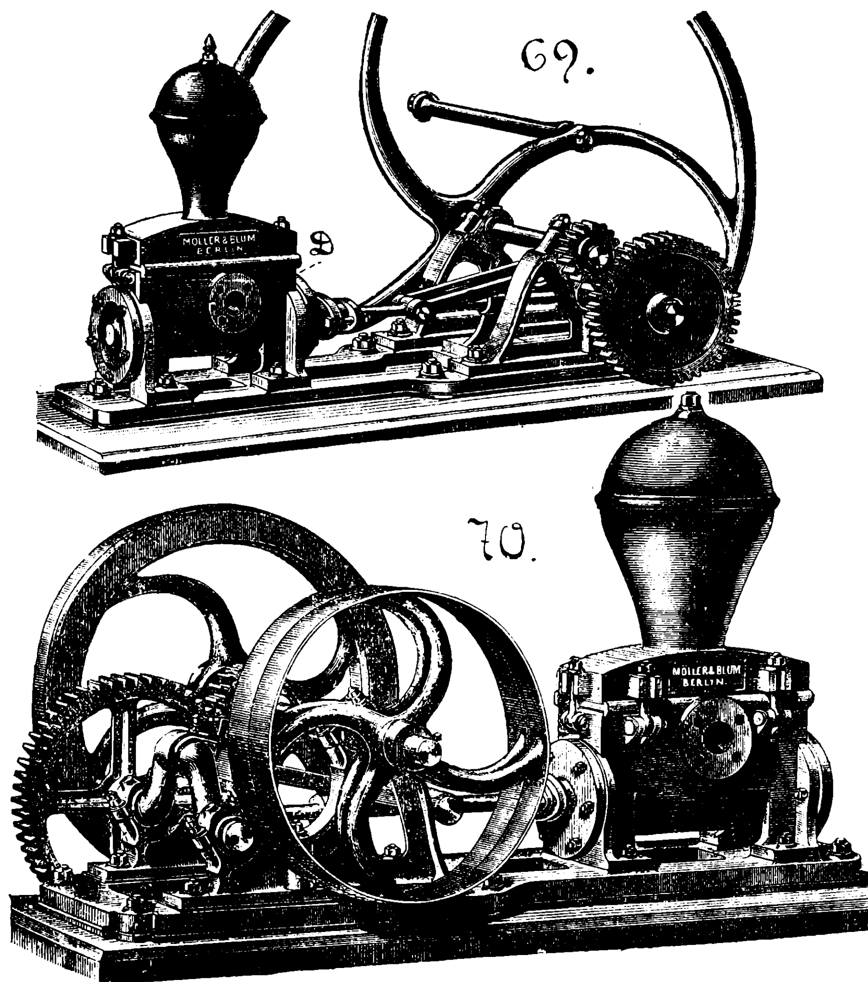
На **фиг. 69** имѣемъ устройство станка съ зубчатой передачей и ручнымъ маховикомъ для приведенія въ движеніе калифорнскихъ насосовъ малыхъ нумеровъ. При работѣ тѣхъ же насосовъ отъ заводскаго приводнаго вала шкивъ сажается или прямо на концѣ колѣнчатаго вала, и тогда насосъ работаетъ безъ зубчатой передачи, или же устраивается еще промежуточный валъ и вводится зубчатая передача (**фиг. 70**). На фиг. 69 и 70 буквою *D* отмѣченъ фланецъ нагнетательной трубы, и требованіе *8-е* § 49 вполнѣ удовлетворено.

Когда большого мѣста для помѣщенія приводнаго насоса нѣтъ, вмѣсто прямой шатунной передачи употребляется обратная съ двумя шатунами, идущими по обѣ стороны цилиндра (**фиг. 71**).

Типъ калифорнской клапанной коробки находитъ себѣ примѣненіе также и въ насосахъ съ вертикальнымъ цилиндромъ (**фиг. 5, 6 и 72**), но только менѣе удачною выходитъ здѣсь вся комбинація частей, такъ какъ съ нижней частью цилиндра лѣвую часть коробки приходится соединить весьма длиннымъ каналомъ *x*, и объемъ вреднаго пространства въ цилиндрѣ при нижнемъ положеніи поршня выходитъ довольно зна-

чительнымъ. Чтобы нѣсколько сократить его, сѣченіе канала x дѣлается не круглымъ, а прямоугольнымъ.

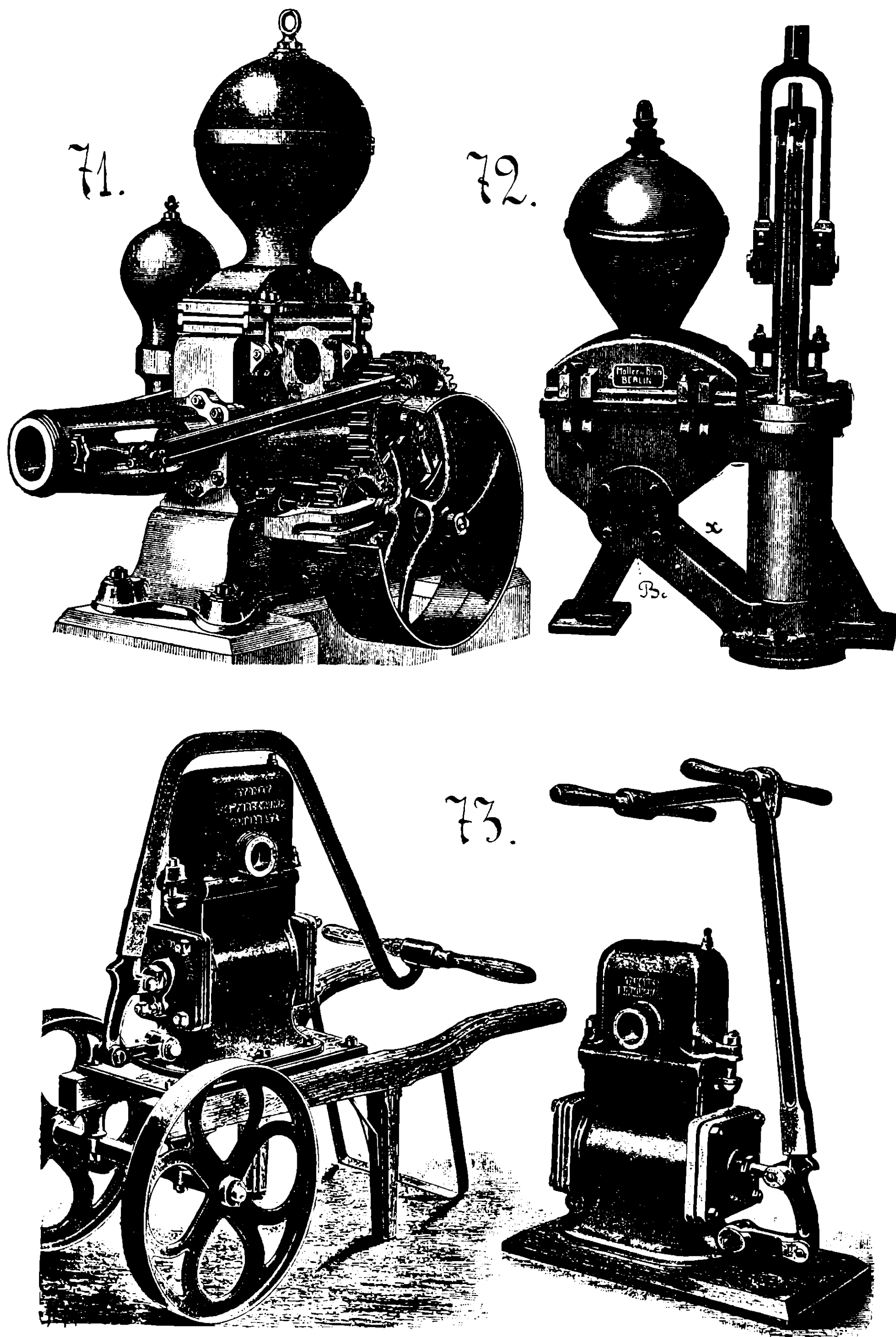
Детальное устройство калифорнской коробки для металлическихъ клапановъ въ случаѣ вертикальнаго насоса изображено на табл. 4 и 18 въ *Атл. нас.* Конструкція, приведенная на табл. 18, не правильна: въ ней не выполнено требованіе 4-е § 49 относительно свободнаго удаленія воздуха изъ верхней части цилиндра.



Какъ характерный образецъ конструктивной уродливости, приведено устройство коробки, изображенное въ *Атл. нас.* на табл. 10: здѣсь не выполнены требованія 2-е, 3-е, 4-е и 5-е § 49.

На **фиг. 73** дано изображеніе насосовъ модель «*Sydney*» извѣстнаго англійскаго машиностроительнаго завода *Tangyes L—d*, на которомъ построеніе насосовъ различныхъ типовъ, поставлено, какъ специальность. Одинъ насосъ переносный, другой приспособленъ для перевозки, оба—съ ручной передачей и отъемнымъ рычагомъ своеобразной формы.

Такіе насосы строятся съ діаметрами отъ $2^1/_2$ до 6 дм., ходъ поршня бываетъ или 5 дм., или 6 дм. Клапаны расположены въ 2 яруса

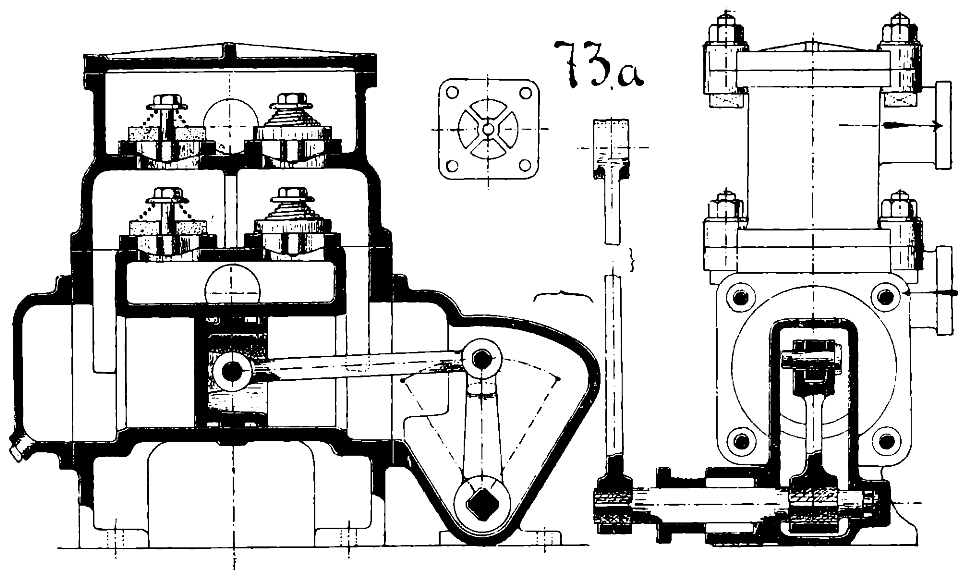


въ коробкѣ *L* надъ цилиндромъ. Въ общей комбинаціи частей нельзя не отмѣтить двухъ крупныхъ ошибокъ:

1) требованіе 8-е § 49 не удовлетворено здѣсь, такъ какъ нагнетательная труба въ *H* присоединяется къ колпаку, а его приходится отнимать для осмотра клапановъ: до извѣстной степени это можетъ быть терпимо только въ случаѣ навертыванія гайки гибкаго шланга на отростки *H*;

2) усиліе рабочихъ, прикладываемое къ рукояти, будетъ на штокъ поршня дѣйствовать сгибающимъ образомъ и способствовать неправильному изнашиванію сальника.

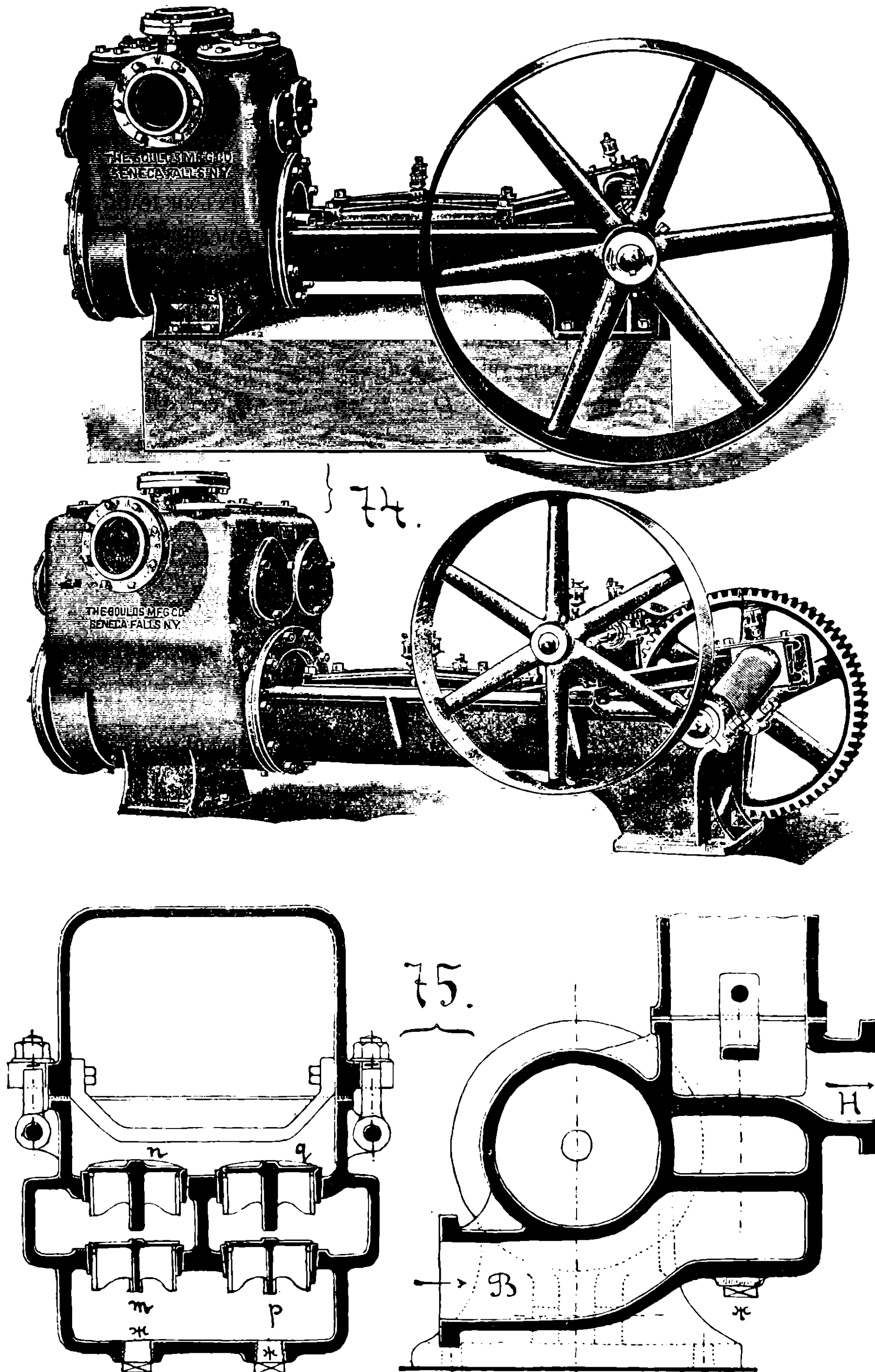
На **фиг. 73, a** имѣемъ конструктивную схему ручного насоса для перекачки спирта, типъ, исполненный во многихъ экземплярахъ для казенныхъ спиртовыхъ складовъ заводомъ Императорскаго Техническаго Училища. Приведеніе насоса въ движеніе здѣсь дѣлается болѣе раціонально, чѣмъ на фиг. 73, но для осмотра нижнихъ клапановъ (всасывающихъ) и здѣсь нужно разъединять насосъ съ нагнетательной трубой; кромѣ того вредныя пространства рабочихъ камеръ нѣсколько излишне развиты. Насосы исполнялись при $D = 4$ дм. для $Q_1 = 600$ вед. въ часъ.



Устройство большихъ приводныхъ насосовъ съ клапанными коробками этого же типа представлено на **фиг. 74**: Въ такомъ видѣ насосы исполняются американскимъ заводомъ *Goulds* для писчебумажныхъ фабрикъ. Цилиндръ снабжается вставной одеждой изъ фосфористой бронзы, быстро смѣняемой въ случаѣ надобности; клапаны, поршень, штокъ и сальники—бронзовые, набивка пеньковая.

Такіе насосы строятся съ діам. цилиндра въ 8, 10, 12, 14 и 16 дм., при ходѣ или въ 10 дм., или въ 14, или въ 16 дм.; число оборотовъ въ мин.—отъ 25 до 60 сообразно скорости поршня—отъ 1 до $1\frac{1}{2}$ фут. (0,3—0,45 мт.) въ сек. Передаточное число между зубчатыми колесами принято дѣлать $= 4$. Шкивы ставятся съ діам. 30, 36, 48 и 50 дм. при ширинѣ ремня отъ 4 до 10 дм.

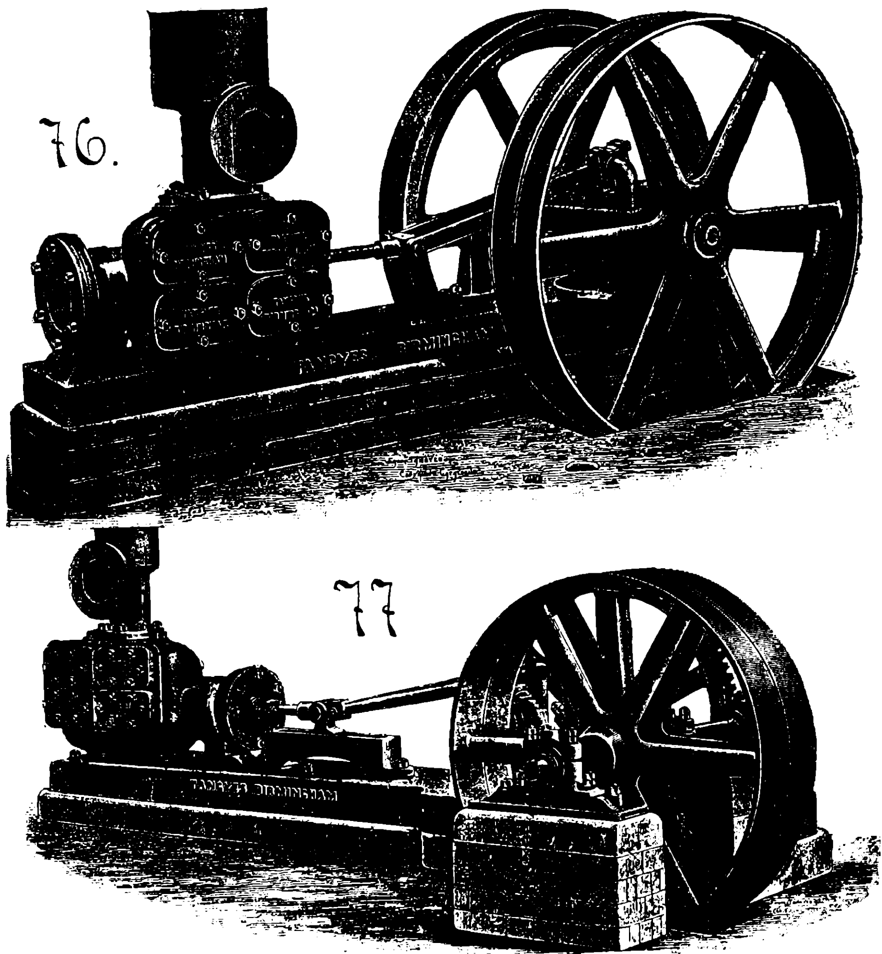
На **фиг. 75** изображено устройство коробки въ такъ называемыхъ насосахъ «*Челенжъ*» (*Challenge*); обозначенія буквами различныхъ



частей сдѣланы согласно со схемою на фиг. 64. Отверстія, завернутыя пробками *жж*, сдѣланы для удобствъ установки глинянаго стержня ко-

робки передъ ея отливкою и для удобствъ расточки отверстій для клапанныхъ стакановъ, чего нѣтъ, напр., въ коробкѣ на фиг. 73 и 74. Всѣ 8 требованій § 49 здѣсь удовлетворены.

Фиг. 76 и **77** изображаютъ 2 типа передачи отъ привода къ насосамъ завода *Tangyes L-d*, у которыхъ клапанная коробка расположена сбоку цилиндра. Для осмотра клапановъ нужно отвертывать 4 крышки: двѣ верхнія изъ нихъ могли бы быть замѣнены одною большою, но этого не сдѣлано, чтобы всѣ ихъ можно было отливать по одной модели. Внизу необходимы именно двѣ крышки, иначе не будетъ удовлетворено условіе 5-е § 49.

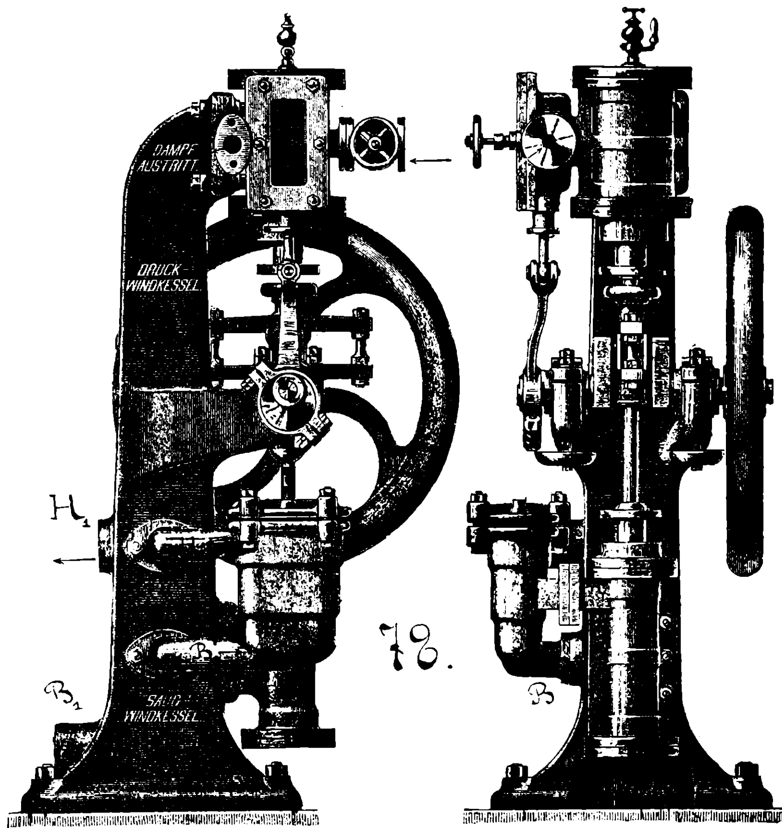


По типу фиг. 76 насосы строятся съ діаметромъ въ 3, 4, 5, 6, 7 и 8 дм., при $S = 12$ дм. и $n = 40$: діаметръ маховика — отъ 30 до 54 дм.

По типу фиг. 77 заводъ строитъ насосы при $D = 8$, 9, 10 и 12 дм., $S = 18$ дм., для насоса число оборотовъ назначается 25 — 30, а для вала шестерни около 120.

Нормы размѣровъ у этихъ насосовъ выработаны для разной величины рабочихъ напоровъ—въ 30 фут., 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 и 150 фут.

На **фиг. 78** имѣемъ изображеніе вертикальнаго парового питательнаго насоса съ одной общей коробкой для всѣхъ клапановъ (типъ нѣмецкаго зав. *Wegelin & Huebner*, въ *Halle*). Низъ станины занятъ всасывающимъ колпакомъ насоса, а верхъ — нагнетательнымъ, къ фланцамъ B_1 и H_1 подходятъ соотвѣтственныя водяныя трубы. Серіи такихъ насосовъ готовятся съ діаметрами отъ 50 до 130 мм. (чрезъ каждыя 5 мм.) съ тремя различными размахами поршня:



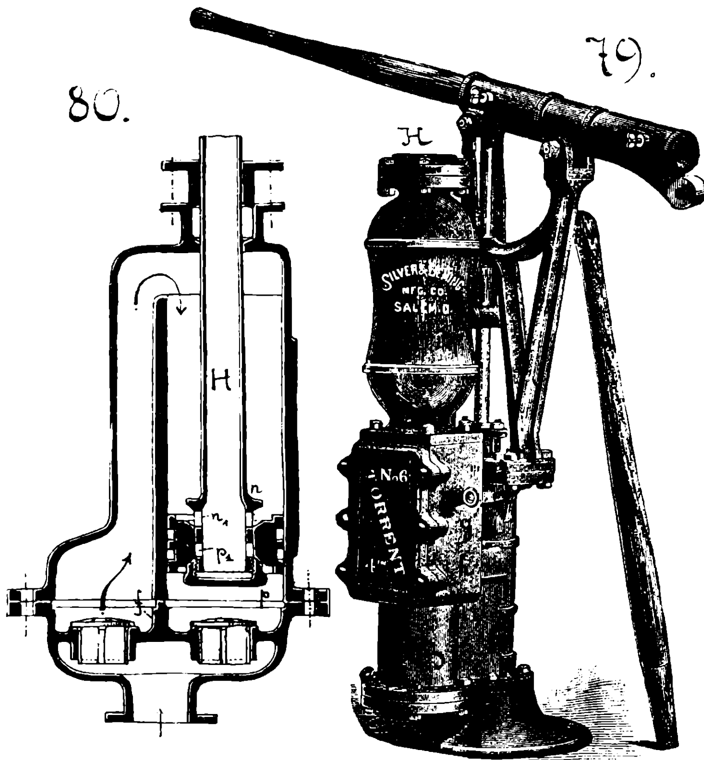
$S =$	120	160	200	мм.
$n =$	100—120	70—100	50—70	обор.

Соотвѣтственныя величины скорости поршня выходятъ при этомъ менѣе 0,5 мт. въ сек. Къ тѣмъ же самымъ насоснымъ и паровымъ частямъ по желанію приспособливается другая станина для укрѣпленія всего насоса къ стѣнѣ.

Въ насосахъ этого типа на каждый 1 *lt* подачи въ часъ приходится вѣсъ всего устройства, равный около 0,3 кг. въ насосахъ малаго калибра (для $Q_1 = 1.2 - 3$ куб. мт. въ часъ), около 0,15 кг. въ насосахъ средняго калибра (для $Q_1 = 3.6$) и около 0,07 кг. въ насосахъ большаго калибра (для $Q_1 = 10 - 20$).

На табл. 13 *Атл. насосовъ* приведено детальное устройство 4-клапанныхъ коробокъ для вертикальныхъ насосовъ въ разработкѣ англійскаго завода *Owens & Co.* и нѣмецкаго *Huelsenberg* (для металлическихъ клапановъ и гуттаперчевыхъ): въ англійскомъ типѣ не выполнены 4-е и 6-е условія § 49, а въ нѣмецкомъ—5-е условіе.

На **фиг. 79** изображена подобная же коробка для ручного вертикальнаго насоса одного изъ американскихъ заводовъ: *g* — каналъ въ верхнюю часть цилиндра, *h* — въ нижнюю; *B* и *H* — водяныя трубы; условіе 5-е § 49 и здѣсь легко можетъ оказаться невыполненнымъ, такъ какъ всѣ отдѣленія коробки закрываются сбоку одной общей крышкой.



51. **Насосы съ клапанами, размѣщенными въ двухъ коробкахъ.** Обѣ послѣднія отливаются по одной модели. Присоединеніе такихъ коробокъ къ цилиндру одинаково удобно дѣлается какъ при горизонтальной оси у него, такъ и при вертикальной. Проходныя сѣченія въ коробкахъ и у клапановъ можно при этомъ развивать довольно значительно, не рискуя особенно сильно увеличить чрезъ это объемы вредныхъ пространствъ у цилиндра.

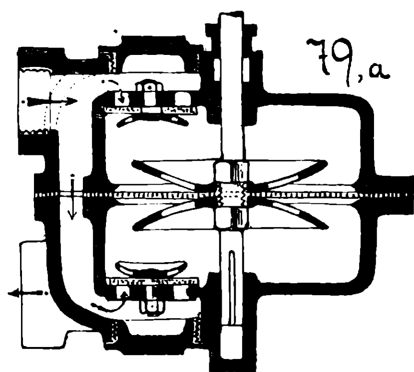
Конструктивная схема одного изъ такихъ устройствъ показана въ *Атласѣ насосовъ* на табл. 36: насосъ — паровой, вертикальный, для водоснабженія, $D = 185$ мм., $S = 650$, $n = 60$, $c = 1{,}3$ мт. въ сек.: одна клапанная коробка расположена подъ цилиндромъ, другая — надъ нимъ; клапаны шарнирные, подшитые кожей.

На табл. 47 и 48 въ *Атл. нас.* дано конструктивное устройство парныхъ двуклапанныхъ коробокъ одного изъ насосовъ на Алексѣевской водокачкѣ Московскаго водопровода: насосъ — паровой, горизонтальный, $D = 190$ мм., $S = 560$, $n = 90$, $c = 1{,}68$ мт. въ сек.; клапаны подшиты кожей, сажаются на мѣсто механически.

Парныя двуклапанныя коробки можно выполнить и весьма нераціонально. Примѣръ такого исполненія приведенъ въ *Атл. нас.* на табл. 8 въ конструкціи зав. *Huelsenberg*: каждая изъ коробокъ у горизонтальнаго цилиндра расположена въ срединѣ его длины, но обѣ сообщены съ разными концами цилиндра: вредныя пространства при этомъ безъ надобности будутъ увеличены; затѣмъ у каждой коробки одна боковая крышка, и поэтому полное разъединеніе всасывающаго и нагнетательнаго пространства здѣсь ничѣмъ не гарантировано.

Примѣромъ неудачной парной группировки клапановъ при вертикальномъ насосѣ можетъ также служить конструкція *Силькокса* (см. *Атл. насос.*, табл. 60): здѣсь всасывающіе клапаны сгруппированы въ отдѣльной коробкѣ, расположенной *подъ цилиндромъ*, осмотръ ихъ и отведеніе коробки въ сторону нельзя сдѣлать, не разъединивши коробку отъ всасывающей трубы; нагнетательные клапаны помѣщены на особомъ отросткѣ цилиндра и прикрыты сверху воздушнымъ колпакомъ, отъ котораго идетъ нагнетательная труба; соединеніе ея съ колпакомъ точно также надо нарушать для осмотра клапановъ; все отливается по разнымъ моделямъ, и самая группировка клапановъ является совершенно случайною и лишенною какого-либо смысла.

Употребленіе парныхъ двуклапанныхъ коробокъ введено въ 1864 г. *Carett'омъ*: 1-я примѣненія ихъ были сдѣланы къ пожарнымъ трубамъ.



Къ этой же группѣ насосовъ нужно отнести насосъ системы *Fosbery* (**фиг. 79, а**): вмѣсто поршня онъ работаетъ съ мембраной, зажатой между фляцами двухъ коробокъ, отлитыхъ по одной и той же модели; каждая изъ нихъ несетъ на себѣ по 1 всасывающему и одному нагнетательному клапану. Устройство этого насоса очень компактное, но выдѣленіе воздуха изъ-подъ діафрагмы не можетъ здѣсь происходить, поэтому одна изъ частей этого насоса (нижняя) не будетъ работать вполнѣ совершенно. На фиг. 79, *а* показанъ разрѣзъ насоса чрезъ оси обоихъ всасывающихъ клапановъ, рядомъ съ ними находятся нагнетательные клапаны. Насосъ этотъ строится съ ручной передачей и употребляется на судахъ. Перспективный видъ его можно найти въ журн. *Revue de mécanique*, 1897, № 3, стр. 249, или въ *The Engineer*, 1882, *oct.* 20.

Для полученія подобнаго же эффекта *Delpeyrou* (Revue de méc., 1897 г., № 3, стр. 257) употребляетъ насосъ съ 2 мембранами въ 2 разныхъ камерахъ.

52. **Насосы съ клапанами въ поршнѣ.** Конструктивная схема одного изъ такихъ насосовъ системы *Hunk* показана выше на **фиг. 80:** цилиндръ вертикальный, поршневой штокъ *H* — полый, онъ замѣняетъ собою нагнетательную трубу; всасывающіе клапаны сгруппированы въ общей коробкѣ, расположенной подъ цилиндромъ и снабженной вертикальной раздѣляющей ихъ стѣнкой *f*; стыкъ ея съ цилиндромъ долженъ быть безусловно герметичнымъ, но достигнуть этого довольно трудно; въ роли нагнетательныхъ клапановъ являются кольцевыя расширенія *n* и *p*, выдающіяся наружу на нижней части штока. Когда поршень двигается кверху, будутъ открыты отверстія n_1, а при движеніи его внизъ раскроются каналы p_1; такимъ образомъ въ трубу *H* вода будетъ поочередно нагнетаться изъ верхней и нижней части цилиндра. Площади отверстій n_1 и p_1 трудно развить особенно значительно, не увеличивая при этомъ также и безполезнаго размаха трубчатаго штока *H*. Соединеніе клапана p_1 съ трубой *H* будетъ неизбѣжно расшатываться. Подача жидкости происходитъ въ оба хода не совсѣмъ одинаково.

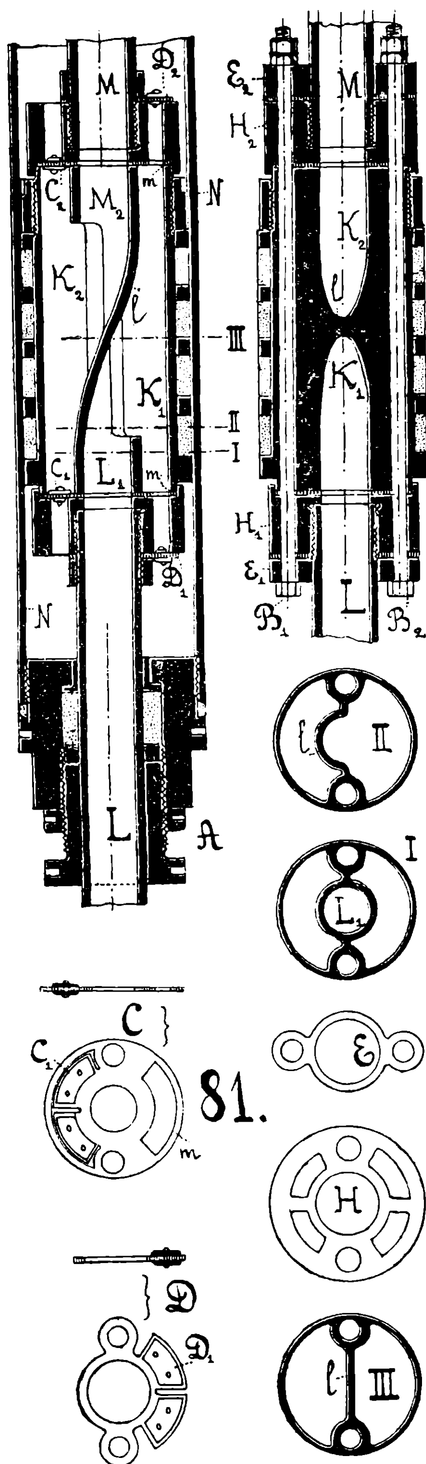
Нѣсколько проще и солиднѣе этого будетъ устройство такъ называемаго *Бриджпортскаго насоса* (см. *Атл. нас.*, табл. 70), появившагося въ 1867 г.; главные недостатки его остаются тѣ же, что и у предыдущей системы; различіе у нихъ—только въ устройствѣ поршня и клапановъ. Оба эти насоса совершенно не приспособлены къ удаленію воздуха изъ верхней части цилиндра, и вообще сколько-нибудь удачно они могутъ работать только при очень умѣренной скорости поршня и качкѣ совершенно чистой жидкости.

На табл. 70 *Атл. нас.* детально представлено также и устройство для приведенія такихъ насосовъ въ движеніе ручнымъ способомъ съ направленіемъ нагнетательной трубы посредствомъ роликовъ.

На **фиг. 81** представлена конструктивная схема насоса системы *Н. Н. Константинова*; два верхніе вида изображаютъ продольные разрѣзы цилиндра и поршня въ двухъ перпендикулярныхъ между собою плоскостяхъ; другіе виды изображаютъ въ планѣ разрѣзы по линіямъ *I*, *II*, *III* и нѣкоторыя детали поршня: *N* — насосный цилиндръ, заканчивающійся сверху *) и снизу сальниками, подобными *A*; сквозь эти сальники проходятъ газовыя трубы *L* и *M*, неизмѣнно связанныя съ поршнемъ; *L* играетъ роль всасывающей трубы, а *M* — нагнетательной; центральная часть поршня K_1K_2 стѣнкою *l* разбита на 2 отдѣленія — правое и лѣвое, не имѣющія между собою непосредственнаго сообщенія; между центральной частью поршня K_1K_2 и дисками H_1 и H_2 зажаты слѣва нагнетательные клапаны C_1 и C_2; видъ дисковъ въ планѣ изображаетъ *H*, а нагнетательные клапаны съ кожей, къ которой они при-

*) Верхній сальникъ *A* на чертежѣ не помѣщенъ.

крѣплены, изображаетъ C; къ дискамъ H_1 и H_2 съ внѣшней стороны прилегаютъ справа непосредственно всасывающіе клапаны D_1 и D_2, прижимаемые къ дискамъ накладками E_1 и E_2; видъ накладокъ въ планѣ изображаетъ E, а всасывающіе клапаны съ кожей, къ которой они прикрѣплены, изображаетъ D; центральная часть поршня, оба диска и обѣ накладки свинчены въ одно цѣлое двумя длинными болтами B_1 и B_2 (см. продольный разрѣзъ вверху фигуры справа). Кожа C и D, на которой набраны клапаны, сама служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ прокладками между соотвѣтственными частями K и H, H и E. Благодаря этому, пространства $K_1 K_2$ являются совершенно разобщенными одно отъ другого.



Клапаны C_1 и C_2 открываются внутрь нагнетательной камеры K_2 и могутъ въ него только *впускать* воду изъ пространства надъ поршнемъ или подъ нимъ.

Клапаны D_1 и D_2 открываются наружу и могутъ только *выпускать* воду изъ всасывающей камеры K_1 въ пространство надъ поршнемъ или подъ нимъ.

Цилиндръ N съ сальниками A сверху и снизу навинченъ на нижній конецъ трубы, опущенной въ артезіанскую скважину, и остается неподвижнымъ, а поршню сообщается обычное для него движеніе отъ шатуннаго механизма.

Послѣ того какъ дѣйствіе насоса установится, работа его происходитъ слѣдующимъ образомъ:

Когда поршень будетъ *подниматься*, откроются клапаны D_1 и C_2, а закрыты будутъ клапаны C_1 и D_2, при этомъ вода по трубѣ L чрезъ камеру K_1 и клапанное отверстіе D_1 будетъ всасываться въ пространство подъ поршнемъ, а изъ пространства надъ поршнемъ чрезъ клапан-

ное отверстіе C_2 и камеру K_2 вода будетъ удаляться въ нагнетательную трубу M.

При опусканіи поршня откроются клапаны C_1 и D_2, а клапаны D_1 и C_2 будутъ закрыты, причемъ вода по трубѣ L чрезъ камеру K_1 и клапанное отверстіе D_2 будетъ входить въ пространство надъ поршнемъ, а изъ-подъ поршня чрезъ клапанное отверстіе C_1 и камеру K_2 вода будетъ уходить въ нагнетательную трубу.

Такой насосъ будетъ, слѣдовательно, работать, какъ насосъ двойного дѣйствія II-й группы.

Если назовемъ чрезъ D внутренній діаметръ цилиндра N, а чрезъ d — внѣшній діаметръ трубъ M и N, тогда рабочей площадью поршня будетъ величина $F = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$.

Насосъ былъ изобрѣтенъ г-мъ Константиновымъ въ 1895 г. и привилегированъ въ 1896 г. Право постройки этихъ насосовъ изобрѣтателемъ передано механическому заводу *Т-ва В. Е. Грачева* и *К°* въ Москвѣ. Насосы этого типа строятся обыкновенно съ діаметромъ $D = 4^1/_2$ дм. при ходѣ поршня S или въ 18 дм., или въ 20, или въ 24.

Первый изъ этихъ насосовъ былъ поставленъ на винокуренномъ заводѣ Обезьянинова (Рязанск. губ., Пронскаго у., с. Окулово) на 6-ти дюймовой скважинѣ, работалъ отъ ременной передачи на штангахъ $1^1/_8$ дм. діаметра. Вода стояла въ скважинѣ на глубинѣ 42 фут.; поднимать воду приходилось на высоту 70 фут. Весь періодъ винокуренія 1895-6 г. насосъ проработалъ по 12 час. въ сутки безъ ремонта, поднимая болѣе 750 вед. въ часъ. Ходъ поршня былъ 18 дм., скорость поршня въ сек. была назначена около 11 дм., что соотвѣтствовало 18 оборотамъ поршня въ мин.

Въ началѣ 1897 г. такого же типа насосъ былъ поставленъ на скважинѣ у Натрускина въ Москвѣ: $D = 4^1/_2$ дм., $S = 20$ дм., $n = 20$ обор. въ мин., $c = 13{,}3$ дм. (0,338 мт.) въ сек.; вода въ скважинѣ стоитъ на 115 фут. отъ поверхности земли, а бакъ для воды поставленъ отъ земли на высотѣ 37 фут. Штанги изъ $1^3/_4$-дюймовыхъ газовыхъ трубъ. Чрезъ каждые 15 — 16 фут. штанги поддерживаются направляющими роликами.

Всѣ части насоса, кромѣ трубъ L и M и болтовъ B_1 и B_2, дѣлаются бронзовыми. Толщина стѣнокъ у цилиндра $^1/_4$ дм. (6,5 мм.).

При $D = 4^1/_2$ дм. (114 мм.) .	. площадь	= 10207	кв.	мм.
Для $1^1/_2$ дм. (38,1 мм.). .	»	= 1140	»	»
Рабочая площадь поршня будетъ .		= 9067	»	»
Для $d = 1^1/_4$ дм. (31,7 мм.) . . .	»	= 789	»	»

Отношеніе 9067 : 789 = около 11,5. Это есть отношеніе рабочей площади у поршня и трубы M или N. Величина этого отношенія необычно велика. Благодаря этому, при весьма умѣренной средней скорости поршня $c = 0{,}338$ мт., средняя скорость движенія воды въ трубахъ будетъ

$$0{,}338 \cdot 11{,}5 = 3{,}89 \text{ мт. (12,9 фут.) въ секунду,}$$

а наибольшая скорость движенія воды въ трубахъ получится

$$3{,}89 \cdot 1{,}57 = 6{,}14 \text{ мт. } (20{,}1 \text{ фут.}) \text{ въ сек.}$$

При столь высокихъ скоростяхъ будетъ развиваться и весьма большая сила тренія въ трубахъ, которую нужно будетъ преодолѣвать непрерывно.

Въ этомъ заключается 1-й недостатокъ этой системы насосовъ. При стремленіи уменьшить этотъ недостатокъ придется потерять значительную часть рабочей площади поршня.

Второй недостатокъ системы—передача на штанги попеременно то растягивающаго усилія, то сжимающаго.

Третьимъ недостаткомъ системы надо считать то, что нагнетательному клапану C_2 и всасывающему D_1 приходится работать, такъ сказать, въ опрокинутомъ положеніи. Въ случаѣ затвердѣнія клапанной кожи, послѣ продолжительной остановки насоса плотнаго прикрыванія отверстій сказанными клапанами ожидать нельзя.

Къ числу недостатковъ же системы нужно отнести и нѣкоторую сложность формы у кожаныхъ пластинъ C и D, на которыхъ набраны клапаны и которыя сами являются прокладкой между центральной частью поршня K_1, K_2 и дисками H_1 и H_2. При замѣнѣ этихъ кожаныхъ пластинъ новыми возможны будутъ при спѣшной и не совсѣмъ аккуратной работѣ разныя случайности и неисправности, такъ какъ давленіе при зажимѣ этихъ прокладокъ естественнымъ образомъ по поверхности ихъ распредѣляется далеко неравномѣрно и строго опредѣленной оси вращенія у всѣхъ клапановъ не имѣется. Особенно серьезныя послѣдствія можетъ имѣть неаккуратная заправка кожаныхъ пластинъ у клапановъ C_1 и C_2: если тонкія части m этихъ пластинъ будутъ выдавлены внутрь, этимъ стѣснены будутъ проходныя отверстія каналовъ при подходѣ къ клапанамъ D_1 и D_2, а главное — при этомъ не будетъ существовать герметичнаго замыканія всасывающей камеры K_1, и часть воды изъ того или другого нагнетательнаго пространства будетъ возвращаться въ камеру K_1 обратно.

53. **Насосы съ клапанными коробками, отлитыми съ цилиндромъ въ одномъ цѣломъ.** На табл. 15 *Атл. нас.* представлено такое устройство насоса, гдѣ всѣ 4 клапанныя коробки отлиты вмѣстѣ съ цилиндромъ и расположены въ двухъ различныхъ уровняхъ, такъ что удаленіе воздуха изъ рабочаго пространства насоса дѣлается свободно. Доступъ ко всѣмъ клапанамъ также совершенно свободенъ. Подъ нагнетательными коробками и цилиндромъ расположенъ всасывающій колпакъ.

Внѣшній видъ подобнаго же типа насосовъ, но только сдвоенныхъ, представленъ на фиг. 237, *Б* (см. § 161).

Совершенно неудачную конструкцію въ этомъ родѣ даетъ намъ таблица 17 *Атл. нас.*: литье у цилиндра здѣсь крайне сложное, проходъ воздуха чрезъ насосъ затрудненъ; чтобы имѣть доступъ къ нижнимъ клапанамъ, подъ среднюю часть цилиндра подведена особая опора, сквозь которую и подводится присасываемая насосомъ вода.

3. Двухцилиндровые насосы двойного дѣйствія съ 4-мя клапанами.

Особенности конструкціи.	Цилиндровъ — *два* или одинъ двойной длины. Набивокъ — *двѣ* или три (рѣже 4). Клапановъ — *четыре,* они размѣщены или въ 4 коробкахъ, или въ двухъ, или въ одной.

Приведеніе такихъ насосовъ въ движеніе можетъ практиковаться самыми разнообразными способами. Наиболѣе характернымъ признакомъ системы насоса является здѣсь употребленіе того или другого поршня, т. е. проходного поршня или плунжера.

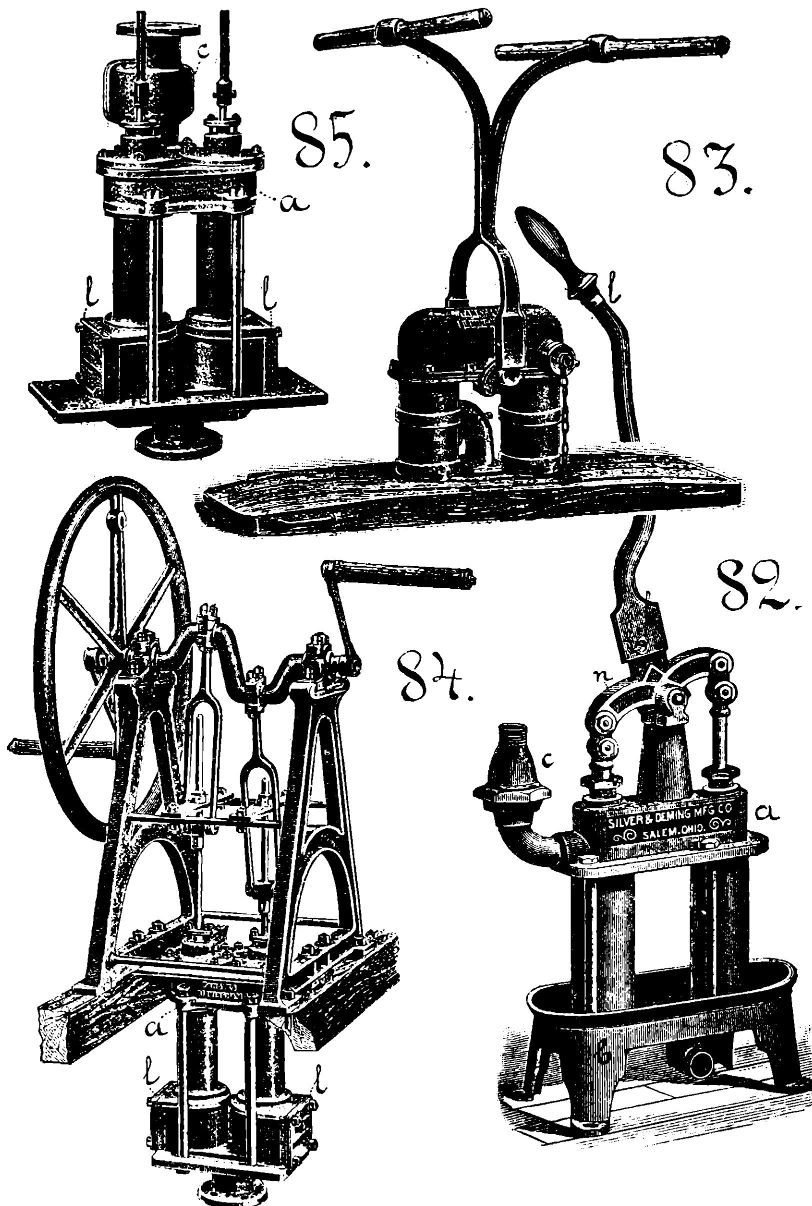
54. **Насосы съ двумя проходными поршнями.** Простѣйшая комбинація для устройства такого насоса представлена на **фиг. 82** въ видѣ ручного насоса, полученнаго путемъ естественнаго сдваиванія пары однодѣйствующихъ насосовъ. Модель насоса выработана американскимъ заводомъ *Silver & Deming* и отлично приспособлена для массовой фабрикаціи: цилиндры — безъ фланцевъ, поэтому нѣсколько штукъ ихъ можно отливать въ вертикальномъ положеніи въ видѣ длинной трубы и затѣмъ разрѣзать ее на части разной длины, сообразно съ величиной хода поршня; верхніе фланцы цилиндровъ отлиты въ одномъ цѣломъ съ коробкой *a*, въ которой находится соединительный каналъ между обоими цилиндрами; сверху въ нее ввертываются сальники, а сбоку — колѣно коробки *c* съ возвратнымъ клапаномъ, поставленнымъ на пути въ нагнетательную трубу; нижними своими торцами цилиндры притачиваются къ кольцевымъ рабочимъ поверхностямъ у основной плиты *b*, въ которой помѣщаются оба всасывающихъ клапана. Оба цилиндра и коробки *a* и *b* свинчены 4-мя болтами. Для приведенія насоса въ движеніе служитъ рычагъ *l* и коромысло *n*.

Въ насосахъ съ короткимъ ходомъ поршня (при $S = D$ или немного болѣе) коромысло можетъ быть помѣщено внутри коробки *a*, и употребленія сальниковъ для поршневыхъ стержней можно при этомъ избѣжать, шарнирно сочленяя короткіе шатуны прямо съ поршнями и обоими концами коромысла.

Внѣшній видъ подобнаго устройства даетъ намъ **фиг. 83**. Детальное же устройство подобнаго насоса можно найти въ *Атл. нас.* на табл. 75. Устройство отличается большой простотой и компактностью; для осмотра всѣхъ клапановъ достаточно снять коробку *a* (фиг. 83) и вынуть поршни. Заводъ *Tangyes L-d* строитъ такіе насосы, какъ спеціальность, для употребленія ихъ на судахъ — при $D = 3$, 4 и 5 дм.

На **фиг. 84** данъ видъ подобныхъ же насосовъ, приспособленныхъ къ станку съ двухколѣнчатымъ валомъ для ручной передачи, а на **фиг. 85** — тѣ же насосы для работы отъ фабричнаго приводнаго вала и пары эксцентриковъ, посаженныхъ на немъ. Для осмотра клапановъ у поршней, а также и всасывающихъ клапановъ, здѣсь нѣтъ надобности

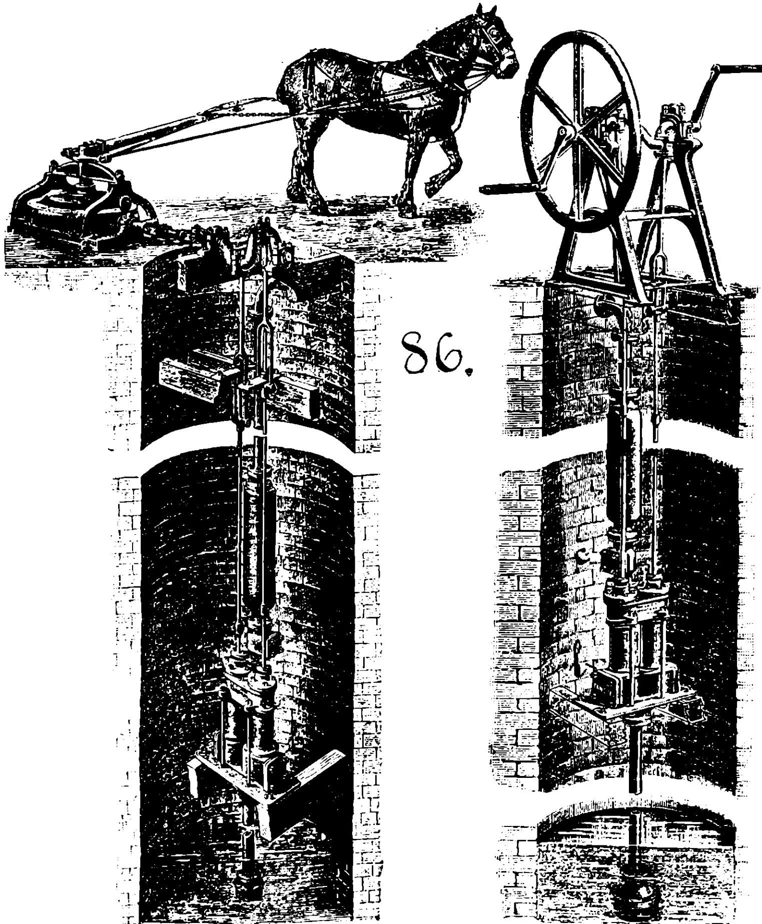
отнимать цилиндры или коробку *a*; для этого достаточно открыть только крышки *l*. Все устройство очень практично и хорошо приспособлено для массовой фабрикации и для работы въ тѣхъ случаяхъ, когда цилиндръ довольно быстро изнашивается и требуетъ смѣны. Модель устройства выработана заводомъ *Tangyes L-d.*



При различной величинѣ діаметровъ цилиндра (отъ 2 до 5 дм.) заводъ оставляетъ обыкновенно ходъ поршня одинъ и тотъ же — $S=$ 9 дюйм. Примѣненіе такихъ насосовъ къ качкѣ воды изъ колодцевъ ручнымъ приводомъ и коннымъ хорошо объясняетъ **фиг. 86**. Чтобы удобно было осматривать клапаны по снятіи крышекъ *l*, при насосѣ

всегда ставится обыкновенно возвратный клапанъ *c* (фиг. 85 и 86), доступъ къ которому можно имѣть, отнявши боковую крышку клапанной коробки *c*.

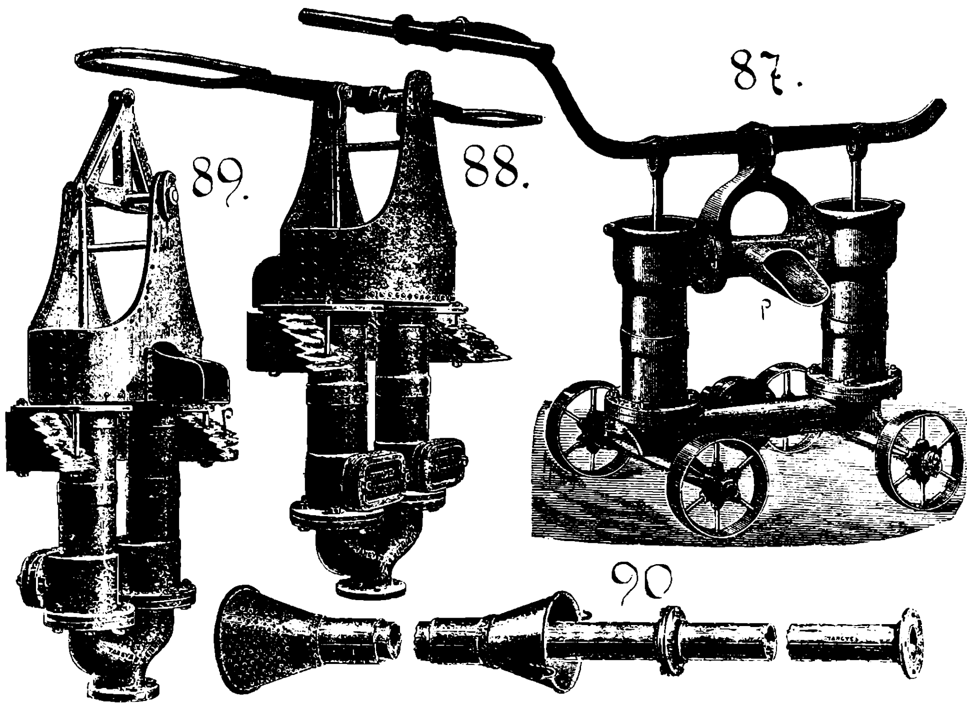
Сюда же относятся ручные насосы, употребляемые для откачки воды (большею частію съ иломъ или пескомъ) при работахъ канализаціонныхъ и строительныхъ. Внѣшній видъ такого насоса, приспособленнаго для перевозки съ одного мѣста на другое, даетъ намъ **фиг. 87**, а детальный чертежъ насоса можно найти въ *Атл. насосовъ* на табл. 59



($D = S = 10$ дм.). Поршень здѣсь такъ называемой системы *Letestu*, изобрѣтенной еще въ 1844 г.; своей набивки этотъ поршень не имѣетъ, а дѣлается герметичнымъ, благодаря длиннымъ отворотамъ у краевъ поршневого клапана, которые прижимаются къ стѣнкамъ цилиндра при восходящемъ движеніи поршня; а при опусканіи поршня вода свободно можетъ проходить чрезъ зазоръ между стѣнками цилиндра и поршня. Сальники здѣсь вовсе отсутствуютъ, такъ какъ цилиндры сверху открыты, и поднятая насосомъ вода свободно изливается чрезъ водосливъ *p* въ

подставленный къ насосу открытый желобъ для одвода ея въ сторону самотекомъ.

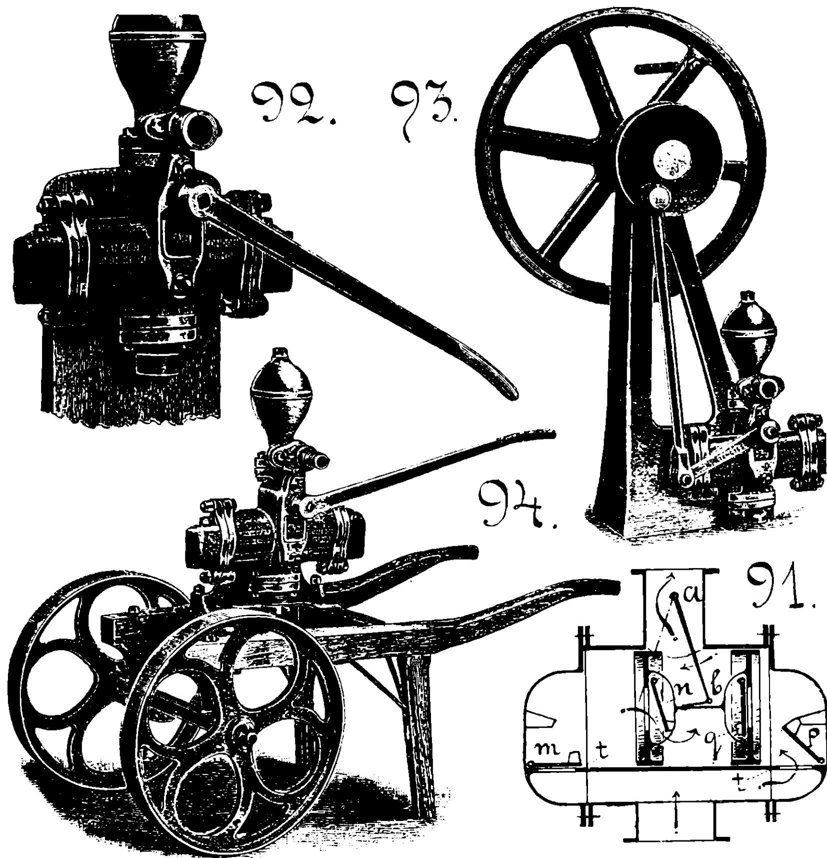
Для употребленія на строительныхъ работахъ (при постройкѣ зданій, плотинъ, желѣзныхъ дорогъ, мостовъ и т. п.), большіе насосы этой системы часто строятся съ желѣзными цилиндрами, имѣющими заварной продольный шовъ, воизбѣжаніе раскалыванія ихъ при перевозкѣ и неосторожномъ обращеніи. Въ нѣкоторыхъ же случаяхъ желѣзною клепаною дѣлается только верхняя часть насоса, играющая роль станка для ручной работы (**фиг.** 88) или же приводной, напр., отъ локомобиля (**фиг. 89**). При этихъ работахъ часто приходится имѣть дѣло съ перемѣннымъ уровнемъ всасываемой воды; для такихъ случаевъ готовятся особыя, такъ называемыя *телескопныя*, всасывающія трубы. На **фиг. 90**



представленъ видъ подобной раздвижной трубы, желѣзной сварной, съ желѣзными фланцами; труба большого діаметра кончается вверху довольно глубокой воронкой; въ нее вставляется кожаное кольцо *Брама*, заливаемое сверху водою; получается достаточно герметичное и удобоподвижное соединеніе; воронка подвѣшивается на цѣпяхъ къ насоснымъ цилиндрамъ; по мѣрѣ надобности, положеніе трубы относительно свободнаго уровня воды измѣняется. Діаметръ цилиндровъ у такихъ насосовъ встрѣчается = 5, 6, 8, 10, 14 и 16 дм., а ходъ поршней = 12, 10 и рѣже 8 дм.

На **фиг. 91** имѣемъ схему насоса типа «*London*», выпущеннаго извѣстнымъ англійскимъ заводомъ *Tangyes L-d* и копируемаго во множествѣ также и другими заводами: всасывающіе клапаны *m* и *p* расположены въ отъемныхъ коробкахъ, прилегающихъ къ цилиндру съ концовъ; на-

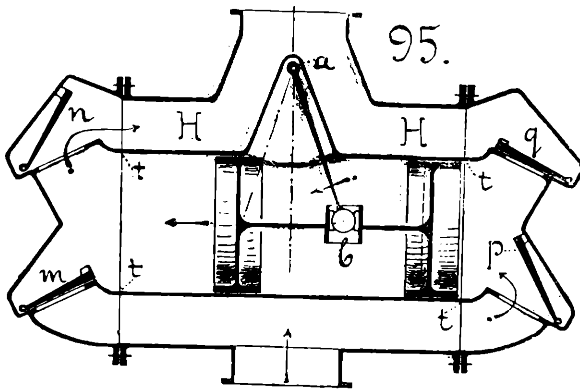
гнетательные клапаны *n* и *q* прикрываютъ отверстія у проходныхъ поршней, связанныхъ въ одну общую систему, которая приводится въ движеніе рычагомъ *ab*. Способъ дѣйствія насоса ясно передастъ сама схема.



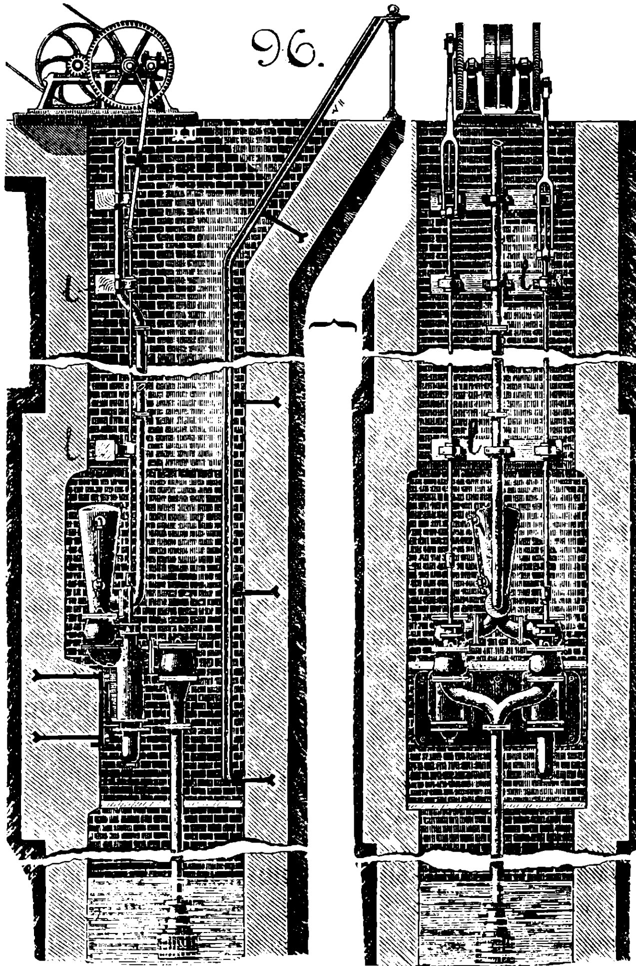
Такіе насосы строятся при діаметрѣ цилиндра отъ 2 до 6 дм. и могутъ употребляться во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ вообще терпимы проходные поршни. На **фиг. 92** имѣемъ внѣшній видъ насоса и настѣнную установку его для ручной работы рычагомъ; на **фиг. 93** насосъ приспособленъ для работы при непрерывномъ вращеніи ручного маховика, а на **фиг. 94** показанъ монтажъ насоса на телѣжкѣ. Всасывающіе клапаны у насосовъ этого типа осматриваются весьма легко, но нельзя сказать того же о клапанахъ нагнетательныхъ; для всесторонняго осмотра послѣднихъ необходимо вынимать поршни изъ цилиндра; затѣмъ неаккуратное замыканіе стыковъ *t* можетъ быть причиною утечки воды изъ нагнетательной камеры во всасывающую.

55. **Насосы съ двумя непроходными поршнями.** *Дювалонъ* и *Лойдъ* измѣнили предыдущую конструкцію (фиг. 91) въ томъ смыслѣ, что вмѣсто проходныхъ поршней у нихъ—глухіе, а нагнетательные клапаны помѣщены въ тѣхъ же отъемныхъ коробкахъ, гдѣ и всасывающіе (см. **фиг. 95**), черезъ это всѣ клапаны сдѣлались одинаково доступны для

осмотра и ремонта, затѣмъ для оси *a* здѣсь нѣтъ надобности имѣть сальниковъ, такъ какъ весь рычагъ *ab* работаетъ внѣ воды, болѣе свободно. Стыки *t*, о которыхъ говорилось выше, существуютъ и здѣсь также, въ двойномъ числѣ даже. Противъ предыдущаго насосъ долженъ выйти нѣсколько болѣе тяжелымъ, благодаря большому развитію размѣровъ у клапанныхъ коробокъ и добавленію сверхъ цилиндра нагнетательнаго канала *H*. Для постановки рычага *ab* на мѣсто, необходимо разъединеніе одного изъ поршней со штокомъ.



На **фиг. 96** представлена весьма удачная схема дублированія колодезныхъ скальчатыхъ насосовъ простого дѣйствія съ вертикальными цилиндрами и съ передачей отъ привода ремнемъ и зубчатыми колесами. Схема принадлежитъ парижскому механическому заводу *Olry & Granddemange*. Сальниковыхъ набивокъ у каждаго цилиндра двѣ,— сверху для штока, а снизу для плунжера. Этимъ достигается то, что насосныя штанги въ нагнетательный періодъ будутъ работать на растяженіе, а не на сжатіе; послѣднее же будетъ имѣть мѣсто только въ періодъ всасыванія, когда передаваемое штангами усиліе сравнительно не велико; тѣмъ не менѣе штанги ходятъ въ нѣсколь-



кихъ направляющихъ *l*. Затѣмъ при такой схемѣ выдѣленіе воздуха изъ насоса совершается вполнѣ легко и удобно, величина вреднаго пространства можетъ быть доведена до *min*, размѣры и вѣсъ цилиндровъ—также. Зубчатыхъ колесъ съ шевронными зубьями заводъ ставитъ двѣ пары, чрезъ это получается возможность: 1) имѣть у нихъ болѣе мелкій шагъ и большую дугу зацѣпленія, 2) сдѣлать установку ихъ такъ, чтобы зубъ въ одной парѣ приходился противъ впадины въ другой и выиграть въ плавности хода. Кривошиповъ здѣсь можно не употреблять, направляя пальцы въ соотвѣтственныя гнѣзда, которыя приливаются къ спицамъ колеса.

Заводъ строитъ двѣ модели насосовъ этого типа:

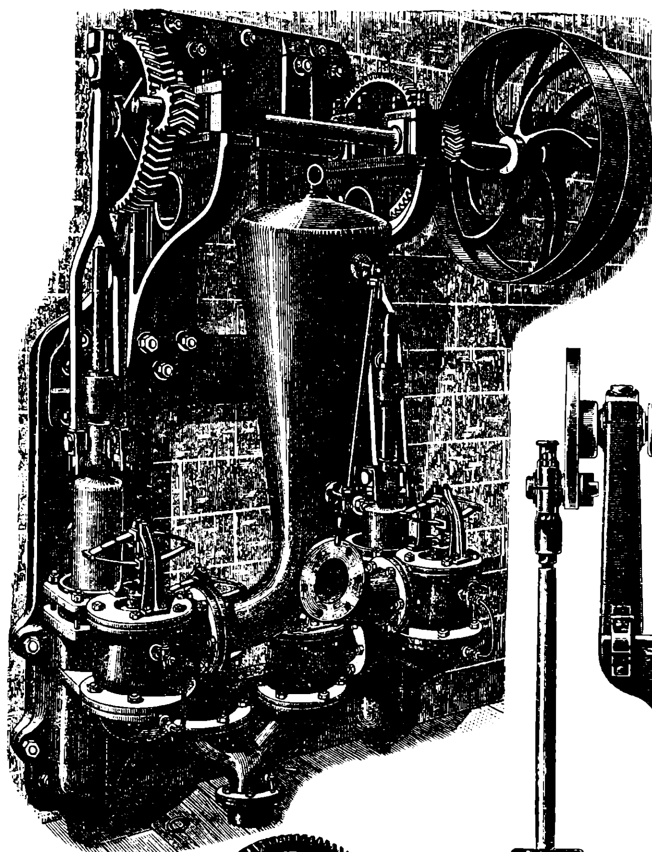
$D=$	90	120 мм.
$S=$	300	400 »
$n=$	40	35 обор. въ мин.
$c=$	0,4	0,46 мт. въ сек.
$Q_1=$	9	18 куб. мт. въ часъ.

Вѣсъ насоса съ передачей (но безъ трубъ и безъ лѣстницъ) въ 1-мъ случаѣ около 1400 *кг.*, а во второмъ — около 2300 *кг.* По такой схемѣ заводъ выстроилъ нѣсколько насосовъ при напорахъ до 100 мт. и немного болѣе, гарантируя коэффиціентъ полезнаго дѣйствія установки до 0,80 — 0,85.

Подобный же типъ устройства представленъ въ *Атласѣ насосовъ* на табл. 74 (для $Q=72$ куб. мт. въ часъ при $c=0{,}3$ мт. въ сек.) въ примѣненіи къ устройству шахтнаго насоса. Плунжеры выходятъ изъ цилиндровъ также внизъ и въ періодъ всасыванія работаютъ исключительно за счетъ собственнаго вѣса, такъ какъ всѣ сочлененія штангъ сдѣланы даже шарнирными, и самыя штанги могутъ работать только на растяженіе. Сальники сдѣланы съ приточенными бронзовыми стаканами, но совершенно безъ набивокъ, и герметичность замыканія цилиндра достигается погруженіемъ нижней части цилиндровъ въ желѣзные клепаные резервуары ***B*** (фиг. 2 и 5 на табл. 74), до верху заполненные водой.

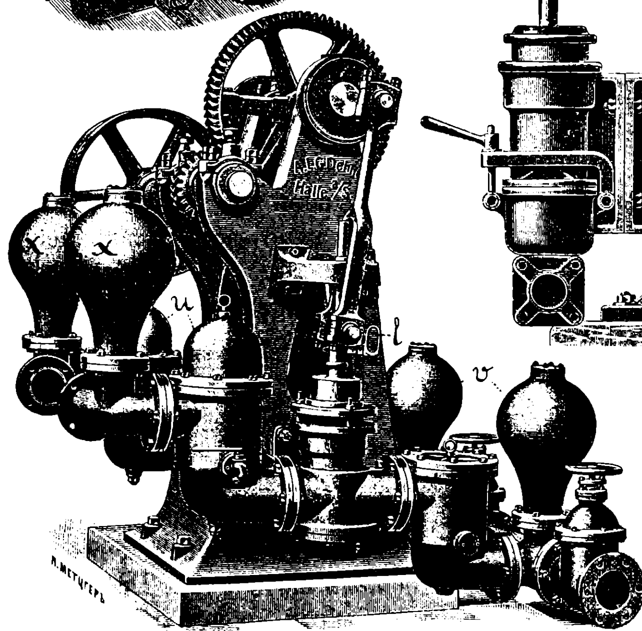
Менѣе раціональнымъ является типъ устройства приводнаго колодезнаго штанговаго насоса, изображеннаго въ ***Атласѣ нас.*** на табл. 61 и 62 и представляющаго собою еще недавно довольно распространенный примѣръ устройства водоснабженія на французскихъ желѣзныхъ дорогахъ. На табл. 61 показано общее расположеніе частей всего устройства, а на табл. 62 — детали цилиндра и передачи. Насосъ приводится въ движеніе ременной передачей отъ локомобиля или другого двигателя при помощи двухъ зубчатыхъ передачъ. Штанги деревянныя 150×150 мм. и работаютъ на сжатіе въ періодъ нагнетанія; $D=210$ мм., $n=24$ обор. въ мин. Кривошиповъ нѣтъ: пальцы кривошиповъ можно устанавливать въ любомъ изъ двухъ гнѣздъ, которыя прилиты къ спицамъ зубчатыхъ колесъ. Сообразно съ этимъ можно имѣть и два раз-

маха плунжера,—въ 260 и 350 *мм.* для подачи отъ 26 до 35 куб. мт.



97.

99.



98.

въ часъ; средняя скорость движенія плунжера при $n = 24$ и $S = 350$ мм.

будетъ $c = 0{,}28$ мт. въ сек. Детали всего этого устройства далеко не отличаются обдуманностью.

На **фиг. 97, 98** и **99** имѣемъ рядъ типовъ заводскихъ вертикальныхъ приводныхъ насосовъ двойного дѣйствія, полученныхъ путемъ сдваиванія простыхъ однодѣйствующихъ насосовъ.

На **фиг. 97** — модель настѣннаго приводнаго насоса парижскаго завода *Olry & Granddemange* съ ременной и шевронной зубчатой передачей, съ клапанами, посадка которыхъ на мѣсто дѣлается сильными рессорными пружинами, что позволяетъ, не стѣсняясь, давать въ клапанныхъ коробкахъ большія площади прохода. Насосы снабжаются нагнетательнымъ колпакомъ весьма большихъ размѣровъ и успѣшно работаютъ при высотахъ напора до 150 мт.

Заводъ *Olry & Gr.* выработалъ 3 размѣра этихъ насосовъ:

$D = 110$	140	180 мм.
$S = 200$	275	350 »
$n = 48$	45	42 обор. въ мин.
$c = 0{,}32$	0,41	0,49 мт. въ сек.
$Q_1 = 3$	6	12 *lt* въ сек.

Заводъ гарантируетъ для такихъ насосовъ коэф. полезнаго дѣйствія до 0,8 — 0,85.

На **фиг. 98** — хорошая модель насосовъ нѣмецкаго завода *Dehne* (въ Галле). Коробки для всасывающихъ и нагнетательныхъ клапановъ льются по одной модели, и размѣры ихъ приспособлены для свободной качки даже и густыхъ жидкостей. На всасывающей вѣтви поставлены свои особые колпаки *v* передъ каждой коробкой; на нагнетательной вѣтви — то же самое; кромѣ того, непосредственно надъ каждымъ нагнетательнымъ клапаномъ, расположенъ еще свой небольшой воздушный колпачекъ ***u***, хорошо смягчающій ударное дѣйствіе струи даже и при небольшихъ размѣрахъ послѣдующихъ колпаковъ ***x***.

Модель насоса отлично приспособлена для массовой фабрикаціи. Каждая сторона насоса можетъ работать независимо отъ другой, а въ случаѣ надобности однимъ и тѣмъ же насосомъ возможно качать и двѣ разныя жидкости; для этого нужно только произвести небольшую передѣлку въ расположеніи пріемныхъ и напорныхъ трубъ. Дѣйствіе любой стороны насоса можетъ быть прекращено моментально, вынимая чеку *l* изъ соединенія штока съ плунжеромъ. Кривошипы замѣнены чугунными дисками съ пальцами, такъ что размахъ плунжера дѣлается одинаковымъ во всѣхъ насосахъ этого типа, а именно $S = 250$ мм. Діаметръ шкива въ 750 мм. и ширина обода его въ 120 мм. остаются также постоянными въ разныхъ устройствахъ. Измѣняя число оборотовъ насоснаго вала въ предѣлахъ отъ 25 до 50, при двухъ различныхъ размѣрахъ насосовъ заводъ получаетъ 5 разныхъ нормъ производительности при

весьма разнообразныхъ величинахъ наибольшей высоты напора h. Нормы эти таковы:

D = 125	125	200	200	200	мм.
n = 30	50	25	30	35	обор. въ мин.
Q_1 = 10	16,5	20	25	30	куб. мт. въ часъ.
h = 100	60	50	40	35	мт.

Скорость плунжера въ такихъ насосахъ допускается заводомъ отъ 0,2 до 0,4 мт. въ сек.

На **фиг. 99** представленъ примѣръ сдваиванія насосовъ простого дѣйствія — того самого типа, изображеніе котораго имѣли на фиг. 31, только здѣсь насосъ не паровой, а приводный, съ одной ременной передачей. Это — модель саксонскаго завода *Leinhaas* (въ Фрейбергѣ), отлично приспособленная къ качкѣ жидкостей, часто засоряющихъ клапаны.

Горизонтальные сдвоенные насосы очень часто отливаются прямо въ одномъ цѣломъ съ клапанными коробками, и тогда получается весьма компактное устройство, обладающее тѣмъ достоинствомъ, что здѣсь путь жидкости отъ всасывающихъ клапановъ къ нагнетательнымъ будетъ кратчайшій, безъ всякихъ заворотовъ, что имѣетъ особую цѣнность при перекачкѣ жидкостей густыхъ и вязкихъ.

Смотря по расположенію набивокъ, различаютъ здѣсь 4 конструктивныхъ типа:

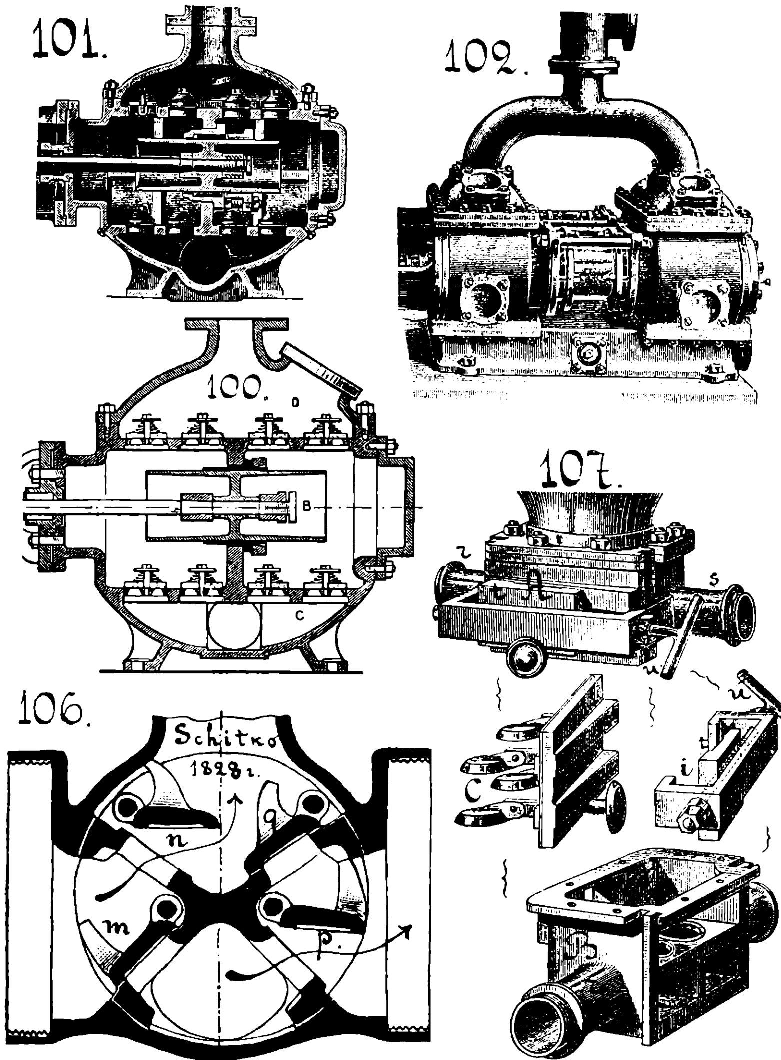
1. На **фиг. 100** изображена схема 1-го типа: вмѣсто стѣнокъ цилиндра, направляющихъ плунжеръ, здѣсь имѣется аккуратно приточенная къ плунжеру вставная, смѣнная бронзовая втулка или стаканъ. Чтобы сдѣлать родъ лабиринтоваго сальника въ этой втулкѣ, въ большихъ насосахъ она получаетъ рядъ кольцевыхъ выточекъ, задерживающихъ воду въ ея стремленіи проникнуть изъ одной рабочей камеры въ другую. На табл. 5 *Атл. нас.* изображенъ такой стаканъ отъ насосовъ *Блека*, поставленныхъ на водопроводѣ въ СПБ. въ періодъ 1881—2 г.: діаметръ плунжера 20 дм. (510 мм.), ходъ его 24½ дм. (620 мм.), длина стакана 15 дм. (384 мм.), на немъ изнутри сдѣлано 8 кольцевыхъ выточекъ шириною 12 мм. (½ дм.). Насосъ работаетъ при $n = 30$ обор. въ мин. со скоростью плунжера $c = 0{,}62$ мт. въ сек.

Подобное конструктивное устройство пригодно для качки чистой жидкости при умѣренныхъ давленіяхъ (до 6—8 атм.); а для перекачки жидкостей мутныхъ (съ иломъ, пескомъ и пр.) и грязныхъ обязательно для плунжера имѣть устройство сальника.

2. Такое именно устройство и представлено на **фиг. 101**. Здѣсь насосъ работаетъ уже съ 2 набивками. Подобное устройство съ успѣхомъ выполняетъ свое назначеніе при давленіяхъ до 10 атм. Въ *Атл. насос.* на табл. 33 имѣемъ детальный чертежъ насоса подобнаго типа завода *Листа*, въ Москвѣ.

3. Для работы при высокихъ давленіяхъ употребляются насосы съ внѣшними сальниками, системы *Jirard'a*, изобрѣтенной въ 1854 г.

На **фиг. 102** имѣемъ изображеніе подобнаго насоса съ двумя раздѣльно стоящими цилиндрами, отлитыми по одной модели и поставленными вдоль общей оси. Всѣхъ сальниковъ здѣсь 3, изъ нихъ два — для плунжера и одинъ—для штока.

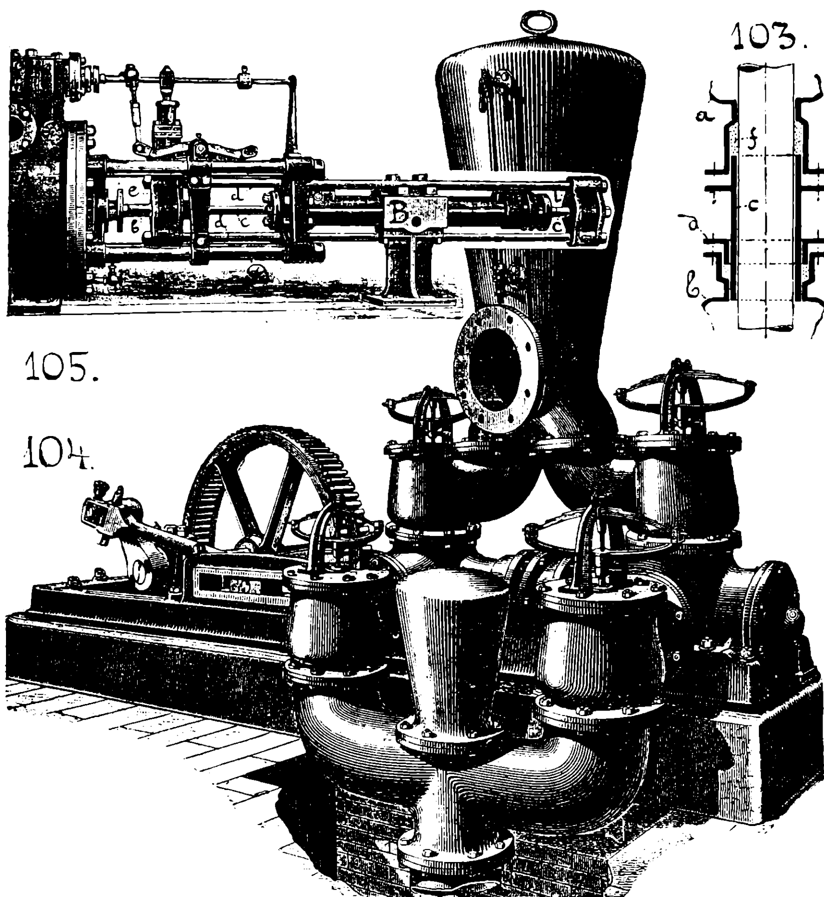


Чтобы уменьшить нѣсколько величину работы тренія въ сальникахъ, пропускающихъ сквозь себя плунжеръ, оба эти сальника окружаются общей коробкой, въ которую заливается до верху та жидкость, которую надо перекачивать насосомъ. Такіе *залитые сальники* можно держать болѣе слабо подтянутыми безъ боязни повліять на успѣшность разрѣженія воздуха въ рабочей камерѣ въ періодъ всасыванія.

Детальное устройство залитыхъ сальниковъ изображено въ *Атл. насос.* на табл. 65. Тамъ же въ разрѣзѣ ясно видна и форма насоснаго «цилиндра» въ видѣ своеобразнаго тѣла вращенія, приспособленнаго для

наилучшаго удаленія воздуха изъ рабочей камеры насоса въ нагнетательную трубу.

Оба сальника для плунжера возможно переконструировать такимъ образомъ, чтобы набивка только одного изъ нихъ соприкасалась непосредственно съ плунжеромъ. Такая конструкція сальника почти одновременно и независимо другъ отъ друга была выработана нѣмецкимъ заводомъ *Weise & Monski* и московскимъ заводомъ *Густава Листа*. Суть дѣла передаетъ схема на **фиг. 103**; *a* и *b*—два цилиндра; *c*—стаканъ, который входитъ внутрь цилиндра *b* и замыкаетъ сальникъ цилиндра *a* съ набивкою *f*, которая соприкасается съ плунжеромъ; *d*—другой стаканъ, который ходитъ по *c* и замыкаетъ сальникъ цилиндра *b*; но набивка этого сальника соприкасается только съ неподвижнымъ стаканомъ *c*.



На **фиг. 104** изображено подобное же устройство насоса *Jirard*'а, выполняемое парижскимъ заводомъ *Olry & Grandemange* для большихъ расходовъ воды (отъ 18 до 250 куб. мт. въ часъ) и при высо-

тахъ напора до 150—200 мт. Заводъ выработалъ 5 нумеровъ такихъ насосовъ:

D =	120	165	215	280	360	мм.
S =	300	350	400	500	600	»
n =	45	42	40	38	35	обор. въ мин.
Q_1 =	18	36	72	144	252	куб. мт. въ часъ.

Средняя скорость поршня выходитъ отъ 0,45 до 0,7 мт. въ сек. Клапаны—съ большой площадью прохода, сажаются на мѣсто пружинами. Для приведенія насоса въ движеніе примѣняются ременная и зубчатая передачи (обѣ вмѣстѣ или каждая порознь), или же штокъ насоса является непосредственнымъ продолженіемъ парового штока.

Во Франціи этотъ типъ насосовъ часто называютъ также типомъ *Farcot*, по имени парижскаго завода, впервые его выпустившаго для наиболѣе крупныхъ установокъ.

Одною изъ крупныхъ и наиболѣе производительныхъ установокъ этого рода являются машины парижскаго водопровода (*usine hydraulique de St.-Maur*), поставленныя еще въ 1871 г. при слѣдующихъ главныхъ данныхъ: $Q_1 = 650$ куб. мт. въ часъ; $n = 30$ обор. въ мин.; $c = 1{,}8$ мт. въ сек. Паровая часть установки была выполнена по измѣненному типу ***Корлисса***. Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія паровой и насосной части машины получился при опытахъ около 0,8. Машина расходовала на индикаторную силу въ часъ: пару—5,5 кг., а угля 0,7 кг.

4. На **фиг. 105** приведенъ 4-й типъ скальчатыхъ насосовъ высокаго давленія. Взятъ примѣръ непосредственной передачи отъ парового поршня къ плунжерамъ насоса, питающаго гидравлическій прессъ: ***A***—паровой цилиндръ, ***B***—центральная клапанная коробка; вправо и влѣво отъ нея идутъ насосные цилиндры, каждый изъ нихъ—съ однимъ только сальникомъ; цилиндры паровой и насосные связаны между собою въ одно цѣлое 4-мя тягами ***D***; *c*,*c*—насосные плунжеры; одинъ изъ нихъ связанъ съ траверсой *e*, другой—съ траверсой *i*; обѣ траверсы между собою соединены въ одно цѣлое двумя тягами ***d***, а вся эта система заимствуетъ свое движеніе непосредственно отъ парового штока ***b***. Остальныя части на рисункѣ изображаютъ внѣшнія части къ парораспредѣлительному прибору завода *Knowles*. Ходовые размѣры подобныхъ установокъ: D = отъ $1^1/_4$ до 5 дм., S = или 12, или 18, или 24 дм., при діаметрѣ парового цилиндра въ 14, 16, 18, 20 и 24 дм.

Детальное устройство насосовъ этого послѣдняго типа, построенныхъ для заводскихъ цѣлей, показано въ ***Атл. насос.*** на табл. 24, 25, 26 и 76.

Сдвоенные насосы простого дѣйствія весьма часто примѣняются также и къ устройству пожарныхъ трубъ и питательныхъ насосовъ.

Къ весьма цѣннымъ качествамъ пожарныхъ насосовъ относится возможность быстраго осмотра у нихъ клапановъ. Съ этою цѣлію выполняются различныя спеціальныя устройства клапанныхъ коробокъ.

Заводъ *Листа* въ Москвѣ помѣщаетъ, напр., всасывающій и нагнетательный клапанъ каждаго цилиндра въ одной общей конической пробкѣ, аккуратно приточенной къ своему гнѣзду и быстро выколачиваемой для осмотра. Детальное устройство такой пробки показано въ натуральную величину въ ***Атл. насос.*** на табл. 6. Пробки и гнѣзда для нихъ обтачиваются на заводѣ на спеціальныхъ станкахъ, и самая деталь является отлично приспособленною къ массовой фабрикаціи.

Съ тою же цѣлію *Schitko* (1828 г.) выработалъ конструкцію пробки для расположенія въ ней сразу всѣхъ 4 клапановъ (см. **фиг. 106**): *m* и *p*—всасывающіе клапаны, *n* и *q*—нагнетательные; ось пробки горизонтальна.

На Всероссійскую выставку 1882 г. *Коломенское ремесленное училище бр. Шаниныхъ* представило пожарный насосъ двойного дѣйствія съ вертикальнымъ цилиндромъ и съ подобной же 4-клапанной пробкой, ось которой была вертикальна, а шарнирные клапаны вращались на горизонтальныхъ осяхъ. Схема устройства пробки не представитъ никакихъ затрудненій для вычерчиванія и можетъ быть исполнена каждымъ, какъ упражненіе.

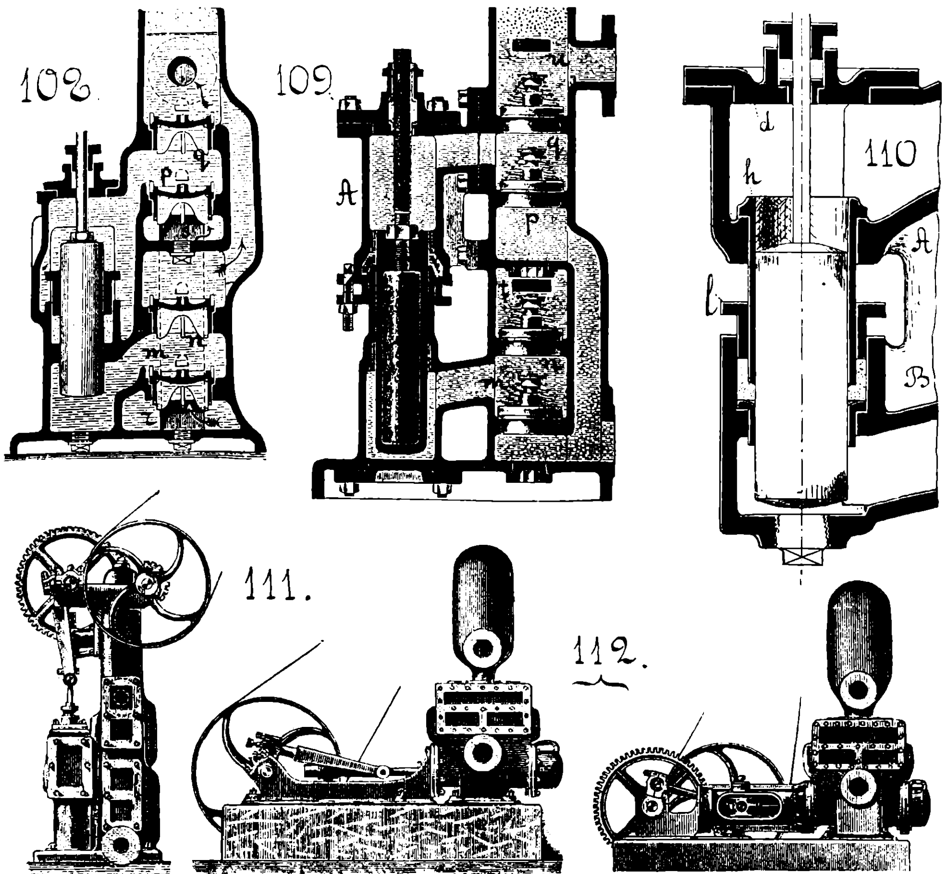
На **фиг. 107** представлено изображеніе устройства 4-клапанной коробки у пожарныхъ трубъ завода *Beduwe* въ *Ахенѣ*: *A*—общій видъ коробки сбоку, *r* и *s*—насосы цилиндра; *B*—видъ коробки, когда у нея отнята крышка; *C*—комбинація крышки и клапановъ, подвѣшенныхъ къ 4 ушкамъ у нея; *i*—скоба и клинъ для крѣпленія крышки на мѣстѣ: полутора-двухъ оборотовъ рукоятки *u*, передвигающей установительный клинъ *t*, достаточно, чтобы разнять всѣ части устройства или опять ихъ свернуть.

Изъ серіи питательныхъ насосовъ, принадлежащихъ къ этой группѣ, оригинальностью своего устройства обращаютъ на себя вниманіе насосы нѣмецкаго завода *Klein*, *Schanzlin* & *Becker* (*in Frankenthal*). Схемы устройства этихъ насосовъ въ послѣдовательномъ развитіи и совершенствованіи конструкціи представлены на фиг. 108—110.

На **фиг. 108**—изображеніе вертикальнаго насоса съ 2 набивками, изъ коихъ одна внутренняя и не можетъ быть контролируема въ своей работѣ: *m* и *p*—всасывающіе клапаны, *n* и *q*—нагнетательные; отверстія *r* и *s* соединены боковой всасывающей трубой; оси всѣхъ клапановъ расположены по одной прямой, свободный доступъ къ нимъ — чрезъ боковыя отверстія въ станинѣ, прикрываемыя крышками; расточка гнѣздъ для клапановъ вполнѣ доступна и удобна; свободное отведеніе воздуха изъ рабочихъ камеръ насоса предусмотрѣно.

На **фиг. 109** — подобное же устройство насоса, но только съ сальникомъ для плунжера, выведеннымъ наружу; для этого понадобилось сдѣлать верхнюю часть цилиндра отъемною отъ станины и надѣвною на нижнюю часть цилиндра. Особенность примѣненнаго здѣсь сальника заключается въ томъ, что высота набивки, соприкасающейся съ плунжеромъ, остается всегда одной и той же, будетъ-ли сальникъ только что набитъ, или его уже подтягивали нѣсколько разъ; затѣмъ,

если бы болты сальника были подтянуты несовсѣмъ одинаково, и стаканъ перекосился, на работѣ плунжера это не можетъ отразиться вреднымъ образомъ.



На **фиг. 110**—дальнѣйшее совершенствованіе той же схемы: верхняя часть цилиндра *A* отливается въ одномъ цѣломъ съ нижней частью его *B* и со станиной, въ которой расположены клапаны и воздушный колпакъ; плунжеръ направляется бронзовымъ стаканомъ *h*, приточеннымъ къ нему аккуратно и вставленнымъ чрезъ отверстіе, прикрытое крышкой *d*; соединеніе длиннаго стакана *h* и плунжера само по себѣ представляется достаточно герметичнымъ, но для окончательнаго замыканія цилиндра устроенъ въ части *B* сальникъ, прикрываемый стаканомъ *l*. Сальникъ съ тѣми же особенностями, какъ и на фиг. 109.

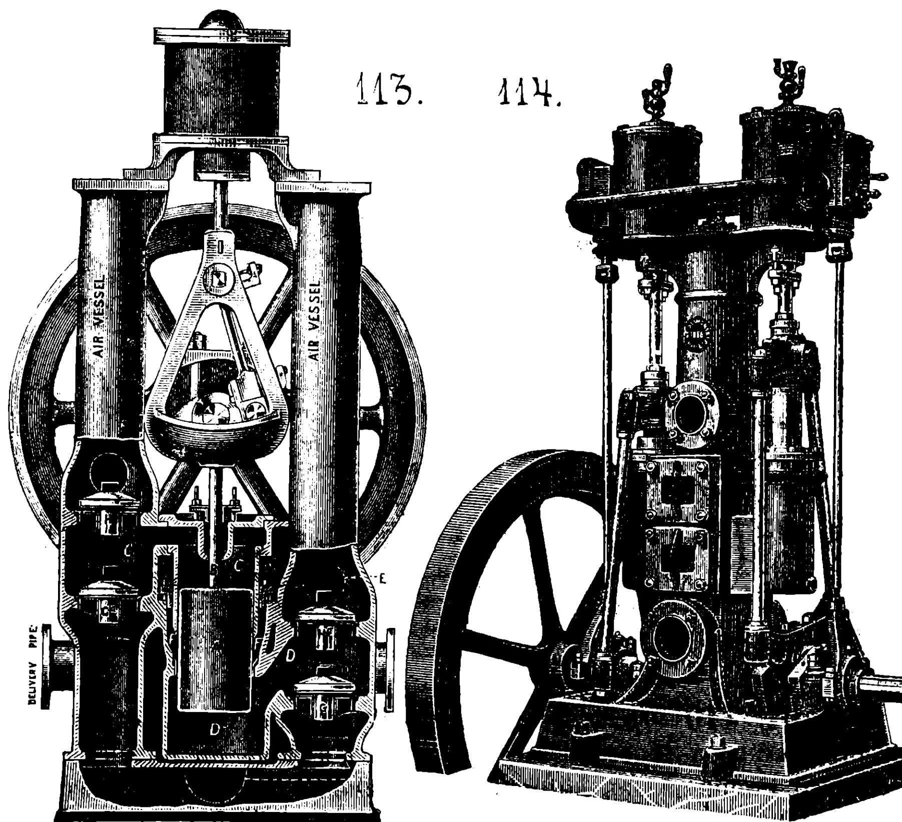
Такіе насосы строятся и паровыми, и приводными (фиг. 111 и 112) при $D =$ отъ 65 до 200 мм., $S =$ отъ 100 до 200, $n = 100 - 55$ обор., $c =$ около 0,35 мт. въ сек.

На **фиг. 113**—изображеніе устройства паровою питательнаго насоса двойного дѣйствія англійскаго завода *Frank Pearn & C⁰* въ Манчестерѣ съ устройствомъ сальника, совершенно подобнымъ предыдущему; насосъ снабженъ всасывающимъ колпакомъ и двумя нагнетательными;

послѣдніе сообщаются между собою и отлиты въ видѣ колоннъ, поддерживающихъ паровой цилиндръ.

На **фиг. 114**—сдваиваніе паровыхъ однодѣйствующихъ насосовъ съ передачей всѣхъ давленій на общую станину въ видѣ колонны, заключающей внутри себя и клапаны, и воздушные колпаки. Это — модель *Weise & Monski.*

Сдваиваніе однодѣйствующихъ насосовъ, построенныхъ по схемамъ фиг. 46 и 47, съ обоими цилиндрами, отлитыми въ одномъ цѣломъ, практикуютъ по преимуществу французскіе заводы, напр., *Maronne et C-ie* въ Парижѣ, *Locoge et Pochart* въ Лиллѣ и др.



Расположеніе клапановъ по системѣ *Klein* (фиг. 108 — 109) эксплуатируется въ послѣднее время англійскимъ заводомъ *Lee, Howl & Co,* который строитъ по этому типу свои ручные насосы и называетъ ихъ насосами системы *Ward* (см. *The Engineer*, 1888, *march* 16; *Revue de mécanique*, 1897, № 3, стр. 254). По существу дѣла это — та же система *Klein*, только испорченная *Ward*'омъ: удаленіе воздуха изъ верхней части цилиндра въ насосахъ *Ward* невозможно: затѣмъ осмотръ всѣхъ клапановъ дѣлается, отпирая одну общую крышку, перекрывающую поверхности раздѣла между 5-ю различными рабочими камерами, при этомъ вполнѣ возможно будетъ просачиваніе жидкости изъ нагнетательныхъ камеръ во всасывающія.

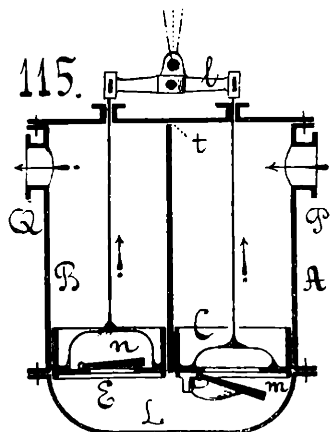
4. Насосы двойного дѣйствія съ двумя клапанами.

Особенности конструкціи	Цилиндровъ—*два* (одинаковаго діаметра или разнаго), а иногда одинъ съ удвоенной длиной.
	Набивокъ—*двѣ* или три.
	Клапановъ—два.

Приведеніе насосовъ этой серіи въ движеніе дѣлается или отъ привода, или отъ двигателя той или другой системы.

Къ этой серіи принадлежатъ исключительно насосы съ проходными поршнями.

56. **Схема устройства № 1** изображена на **фиг. 115**: самое устройство было изобрѣтено *Vose'омъ* въ 1855 году: въ двухъ цилиндрахъ *A* и *B* съ параллельными осями находятся проходные поршни *C* и *E*, заимствующіе свое движеніе отъ общей траверсы *l*, которая направляется параллелями и работаетъ отъ обыкновеннаго шатуннаго механизма; клапаны *m* и *n* у поршней открываются въ разныя стороны. На фиг. 115 всѣ части механизма представлены въ тотъ моментъ, когда оба поршня выходятъ изъ самаго нижняго его положенія.

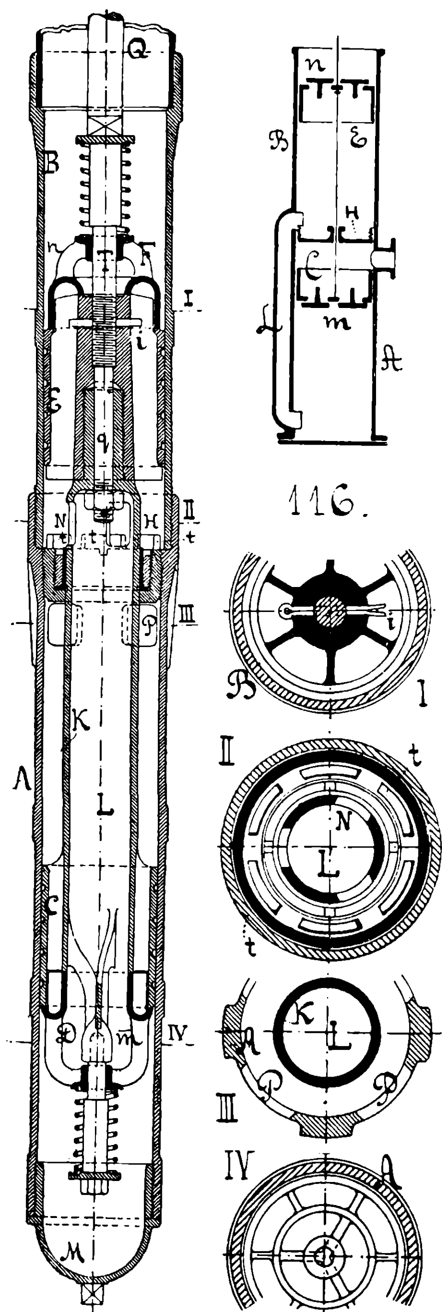


При подъемѣ поршней и всасываніе и нагнетаніе жидкости дѣлаетъ поршень *E*, въ это время поршень *C* идетъ порожнемъ и пропускаетъ жидкость сквозь себя въ нижнюю часть цилиндра *B*.

При опусканіи поршней роли ихъ мѣняются: поршень *C* будетъ дѣлать и всасываніе и нагнетаніе жидкости, а поршень *E* долженъ будетъ только пропускать жидкость въ нагнетательную трубу *Q*. Соединительный каналъ *L* между обоими цилиндрами здѣсь расположенъ въ нижней крышкѣ. Верхняя же крышка должна, наоборотъ, давать вполнѣ герметичное соединеніе на стыкѣ *t*. Схема устройства весьма проста и давно извѣстна, но работаютъ насосы такого типа весьма несовершенно, такъ какъ здѣсь поршневые штоки работаютъ при нагнетаніи поочередно (правый — на сжатіе, лѣвый — на растяженіе) и передаютъ на траверсу моменты, вращающіе ее то въ одну сторону, то въ другую. Передача этихъ моментовъ совершается въ плоскости, содержащей въ себѣ обѣ оси цилиндровъ; результатомъ воздѣйствія этихъ моментовъ будетъ или неравномѣрное нагруженіе поверхности соприкосновенія параллелей и башмаковъ траверсы, или же усиленное изнашиваніе насосныхъ сальниковъ: и то, и другое будетъ вызывать частый ремонтъ насоса.

57. **Схема устройства № 2**, изображенная на **фиг. 16**, отличается отъ предыдущей только тѣмъ, что оба цилиндра *A* и *B* расположены вдоль общей оси, штоки обоихъ поршней *C* и *E* слиты въ

одно цѣлое, а каналъ L расположенъ сбоку и соединяетъ нижнія части обоихъ цилиндровъ. Между ними необходимо здѣсь имѣть промежуточное дно H и въ немъ—сальникъ. Перестроивши такимъ образомъ предыдущую схему, получаемъ новую, которая была изобрѣтена и патентована въ 1896 г. *Винкелемъ*. Конструктивная разработка этой схемы имѣетъ нѣкоторое значеніе въ примѣненіи къ устройству артезіанскихъ насосовъ: здѣсь, какъ и въ насосѣ *Константинова*, штангъ одна, хотя оба эти насоса двойного дѣйствія.



Первая конструкція насоса Винкеля приведена на **фиг. 116**: слѣва—продольный разрѣзъ насоса, а справа—рядъ поперечныхъ разрѣзовъ по линіямъ I, II, III, IV. Главныя части насоса *Винкеля* обозначены тѣми же самыми буквами, какъ и на схемахъ 115 и 116: цилиндровъ здѣсь два (верхній B и нижній A) съ общей геометрической осью; чтобы имѣть возможность вставить между ними промежуточное дно H, оба цилиндра свинчены между собою; дно H ввернуто въ нижній цилиндръ на конической рѣзьбѣ; поршни C и E соединены между собою полой трубкой L, у которой сверху (выше дна H) имѣется 3 боковыхъ отверстія N; эта центральная трубка L играетъ здѣсь роль соединительнаго канала между обоими цилиндрами; верхняя часть ея ввинчивается во втулку верхняго поршня E: нижній конецъ штанги Q соединяется съ верхнимъ поршнемъ на рѣзьбѣ и шплинтомъ i, затѣмъ проходитъ сквозь верхній конецъ трубки L въ ея внутреннюю полость, и здѣсь соединеніе замыкается гайкой и 2-мъ шплинтомъ.

Дно H выполнено такимъ образомъ, чтобы его можно было отвертывать и вынимать, воздѣйствуя на штангу Q; безъ этого, разумѣется, нельзя вынуть и поршней изъ цилиндровъ для осмотра клапановъ. Дно H на верхнемъ своемъ торцѣ снабжено выступами t; совершенно такіе

же выступы находятся и на нижнемъ торцѣ верхняго поршня *E*. Когда нужно вынимать поршни и дно *H*, дѣлаютъ слѣдующее: расцѣпляютъ штангу *Q* съ шатуннымъ механизмомъ, опускаютъ систему поршней и штангу до тѣхъ поръ, пока нижній торецъ у обода верхняго поршня не дойдетъ до соприкосновенія съ выступами *t* у дна *H*: послѣ этого, нащупывая выступы *t*, нужно сцѣпить ихъ съ такими же выступами у поршня: когда это произошло, объ этомъ узнаютъ, повертывая штангу *Q* около ея оси и встрѣчая большое сопротивленіе этому повертыванію. Вращеніе штанги *Q* при этихъ пробахъ можетъ быть допущено только въ сторону отвертыванія дна *H*, т. е. противъ движенія стрѣлки часовъ. Моментъ внѣшней силы, при помоми котораго преодолѣвается треніе въ конической рѣзьбѣ у дна *H*, передается при помощи штанги *Q* и шплинта (или чеки) *i*. При неосторожной спѣшной работѣ, когда рѣзьба заѣла, передача вращательнаго момента можетъ быть сдѣлана недостаточно плавно, т. е. съ ударнымъ дѣйствіемъ силы, а это легко можетъ повести къ срѣзыванію шплинта *i*, а послѣ этого и къ обрыву самаго нижняго конца *q* у штанги *Q*. Послѣ этого ничего другого не останется дѣлать, какъ тащить вонъ оба цилиндра *A* и *B* и разбирать ихъ наружу.

Чтобы предотвратить такой случай, дно *H* и ставится на конической рѣзьбѣ: трудно только ее стронуть съ мѣста, а когда это сдѣлано, дальнѣйшій разъемъ и вынимапіе не представляютъ никакого затрудненія.

Клапаны *m* и *n* сдѣланы двухъ-опорными, т. е. каждый изъ нихъ опирается разомъ на двѣ кольцевыя поверхности, внѣшнюю и внутреннюю, и прикрываетъ при одномъ и томъ же размахѣ два проходныхъ отверстія. Оба клапана нагружены пружинами, изъ нихъ упругость нижней регулирована такимъ образомъ, что она была больше вѣса клапана.

Дѣйствіе насоса этой конструкціи происходитъ совершенно такъ же, какъ и въ схемѣ на фиг. 116. Когда поршни поднимаются, клапанъ *n* закрытъ, поршень *E* поднимаетъ воду, находящуюся выше клапана *n*, и присасываетъ воду чрезъ отверстія *N*, чрезъ каналъ *L*, чрезъ отверстіе, раскрытое клапаномъ *m*, чрезъ кольцевой каналъ между стѣнками цилиндра *A* и трубчатаго штока *K* и наконецъ чрезъ окна *P* изъ артезіанской скважины. При опусканіи поршней клапанъ *n* раскрытъ, *m* — закрытъ, забираетъ воду для слѣдующаго размаха поршень *C* въ свое кольцевое пространство между *A* и *K*, но тотъ же поршень *C* своею нижнею поверхностью проталкиваетъ воду изъ нижней части цилиндра *A* въъ подъемную трубу опять чрезъ каналъ *L*, чрезъ окна *N* и сквозь поршень *E*.

Количество воды, подаваемой насосомъ Винкеля 1-й конструкціи. Пусть обозначаютъ:

D_1 и F_1 — внутренній діаметръ и площадь сѣченія верхняго цилиндра *B*,

D_2 и F_2 — внутренній діаметръ и площадь сѣченія нижняго цилиндра *A*,

не будетъ затянуто пескомъ и т. п. Всѣ соотвѣтственныя части этого устройства названы тѣми же буквами, какъ и на фиг. 116.

Чередованіе періодовъ нагнетанія во 2-й конструкціи насоса *Винкеля* по существу ничѣмъ не отличается отъ таковаго же въ 1-й конструкціи.

Если площадь сѣченія стержня K, который проходитъ сквозь сальникъ въ днѣ H и соединяетъ оба поршня между собою въ одно цѣлое, назовемъ чрезъ F_5, тогда для этой конструкціи насоса будемъ имѣть:

$$V_1 = S.(F_1 - F_4)$$
$$V_2 = S.(F_2 + F_4 - F_5)$$
$$V = V_1 + V_2 = S.(F_1 + F_2 - F_5) \quad \ldots \ldots \ldots \quad 23_1$$

т. е. при тѣхъ же самыхъ размѣрахъ цилиндровъ насосъ *Винкеля* 2-й конструкціи оказывается производительнѣе насоса 1-й конструкціи по стольку лишь, по скольку площадь соединительнаго канала L въ 1-й конструкціи болѣе площади стержня K во 2-й.

Оставивъ размѣры цилиндровъ тѣ же, что и для 1-й конструкціи, возьмемъ:

$D_4 = 1^1/_2$ дм. . . . . . . $F_4 = 1,767$ квадр. дм.
$D_5 = {}^3/_4$ дм. . . . . . . $F_5 = 0,442$ » »

При этомъ оказывается, что 2-я конструкція даетъ воды болѣе 1-й на 13%, но зато распредѣленіе нагрузки на штанги здѣсь менѣе благопріятно, такъ какъ здѣсь

$$V_2 : V_1 = 1,132; \quad V_1 : V = 0,47,$$

т. е. при растяженіи штангъ подается здѣсь только 47% полнаго количества воды, а остальные 53%—при сжатіи штангъ.

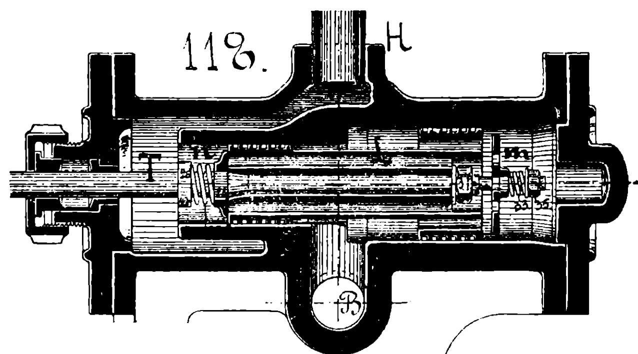
Необходимость считаться съ явленіемъ сжатія штангъ, а также и нѣкоторая сложность конструктивнаго устройства насосовъ *Винкеля*. въ связи съ излишней деликатностью нѣкоторыхъ частей у нихъ, составляютъ неустраненное пока неудобство этихъ насосовъ.

58. **Схема устройства № 3** изображена на **фиг. 118.** Это — насосъ *Гана*, изобрѣтенный въ 1897 г. Эта схема отличается отъ схемы *Винкеля* по существу только тѣмъ, что здѣсь оба цилиндра съ различными діаметрами, и отношеніе площадей обоихъ поршней выполняется $= 2$. Пусть F_1 будетъ площадь рабочаго сѣченія у лѣваго цилиндра, $F_2 = 2F_1$ — у праваго, а F_3—площадь той части штока, которая проходитъ сквозь сальникъ.

При движеніи системы поршней справа налѣво клапанъ n будетъ закрытъ, а m — открытъ; присасывать и нагнетать будетъ только одинъ лѣвый поршень: при полномъ размахѣ поршней изъ всасывающей трубы B пройдетъ въ правый цилиндръ объемъ $F_1 . S$, а изъ лѣваго цилиндра въ нагнетательную трубу будетъ поданъ объемъ:

$$V_1 = S.(F_1 - F_3).$$

При движеніи системы поршней слѣва направо клапанъ *n* открывается, а клапанъ *m* будетъ закрытъ, но тѣмъ не менѣе изъ правой части цилиндра вода будетъ переходить въ лѣвую, благодаря отверстіямъ, которыя сдѣланы въ тарелкѣ клапана *m* противъ соединительнаго канала *L*.



Въ этотъ періодъ и присасывать и нагнетать будетъ только одинъ правый поршень: при полномъ размахѣ поршней изъ трубы *B* войдетъ въ правый цилиндръ объемъ $(F_2 - F_1) \cdot S$, а въ нагнетательную трубу перемѣстится объемъ:

$$V_2 = S \cdot (F_2 - F_1 + F_3),$$

такъ что полный объемъ воды, перемѣщаемый насосомъ въ трубу *H* за 1 оборотъ будетъ равенъ теоретически:

$$V = V_1 + V_2 = S \cdot F_2 = S \cdot 2F_1 \quad . \quad . \quad \mathbf{24},$$

т. е. если за основной размѣръ насоса *Гана* считать діаметръ меньшаго изъ двухъ его насосныхъ цилиндровъ, то это будетъ тоже насосъ двойного дѣйствія. Присасываетъ онъ въ оба хода совершенно одинаковое количество воды, но подача въ нагнетательную трубу идетъ менѣе ровно, такъ какъ отношеніе

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{F_2 - F_1 + F_3}{F_1 - F_3} = \frac{F_1 + F_3}{F_1 - F_3}, \text{ что всегда болѣе } 1 \quad . \quad . \quad . \quad \mathbf{25}.$$

Величина этого отношенія будетъ отличаться отъ *1* тѣмъ болѣе, чѣмъ толще будетъ штокъ въ части его *T*. При указанныхъ соотношеніяхъ штокъ поршня работаетъ болѣе на сжатіе чѣмъ на растяженіе, и нагнетаніе жидкости идетъ неодинаково въ оба хода. Конструкція выйдетъ болѣе раціональною, если сдѣлать $V_1 = V_2$, тогда оба указанные недостатка будутъ устранены разомъ, при этомъ изъ ф-лы **25** получимъ слѣдующее соотношеніе:

$$F_2 = 2 \cdot (F_1 - F_3) \quad \mathbf{26}.$$

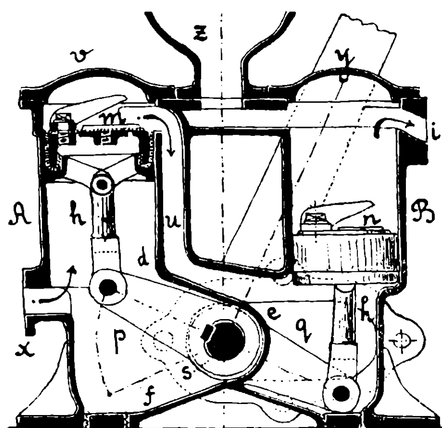
Количество присасываемой жидкости за оба хода теперь будетъ уже несовсѣмъ одинаково, но это не столь важно, какъ равномѣрность нагнетанія, потому что насосъ *Гана* строится для питанія котловъ, т. е. для работы при высокомъ давленіи.

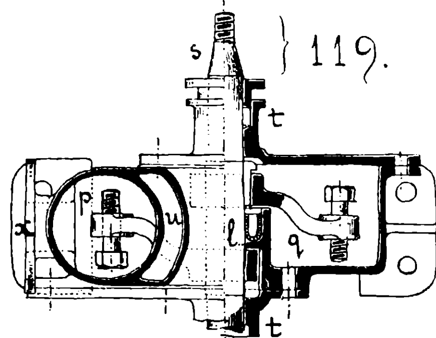
Дѣлая внѣшній діаметръ трубчатой части возможно ближе къ діаметру лѣваго цилиндра и придавая правой крышкѣ цилиндра форму, облегающую возможно болѣе близко очертаніе клапана *m* и его пружины, можно имѣть въ этой конструкціи насоса вредныя пространства

очень небольшими, но удаленіе воздуха изъ рабочей камеры цилиндра въ нагнетательную трубу здѣсь совершенно невозможно.

Насосы этого типа, съ приведеніемъ ихъ въ движеніе непосредственно отъ системы сдвоенныхъ паровыхъ поршней съ отношеніемъ площадей у нихъ = тоже 2, строятся механическимъ заводомъ *Зиновьева* и *К⁰* въ Нарвѣ, почему и самые насосы названы изобрѣтателемъ *нарвскими* *).

59. **Схема устройства № 4** дается на **фиг. 119**. Это насосъ *Amos & Smith:* у него—2 вертикальныхъ цилиндра *A* и *B*, въ нихъ работаютъ 2 проходныхъ поршня, получающіе движеніе отъ коромысла *pq*, плечи котораго работаютъ въ разъединенныхъ одна отъ другой рабочихъ камерахъ; качаніе коромыслу сообщается отъ рабочаго вала *s*, который проникаетъ внутрь камеръ насоса посредствомъ двухъ сальниковъ *t, t*; верхняя часть лѣваго цилиндра съ нижней частью праваго соединены каналомъ *u;* нижнія части рабочихъ камеръ вдаются одна въ другую своеобразно очерченными въ боковомъ видѣ карманами *def*, которые въ планѣ имѣютъ одинаковую ширину, вполнѣ достаточную для помѣщенія на валу *s* втулокъ рычаговъ *p* и *q;* между обоими карманами находится вертикальная стѣнка *l*, въ ней имѣется отверстіе для пропуска вала *s*, замыкаемое кольцомъ *Брама; x* — всасывающая труба, *i* — нагнетательная, *z* — воздушный колпакъ. Дѣйствіе насоса понятно безъ описанія. Устройство его очень компактно, осмотръ клапановъ простъ и доступенъ, но у насоса—большое вредное пространство въ камерѣ *A* и переходъ воздуха изъ праваго цилиндра въ лѣвый затрудненъ совершенно такъ же, какъ и въ насосѣ *Гана* (фиг. 118). Кромѣ того, воздушный колпакъ *z*, помѣщенный въ сторонѣ отъ нагнетательный трубы *i*, будетъ мало помогать дѣлу. Колпакъ работалъ бы гораздо энергичнѣе, если бы онъ былъ поставленъ на мѣсто крышки *y* надъ правымъ цилиндромъ. Короткіе шатуны *hh* слѣдуетъ соединять съ поршнями на шарнирахъ, хотя при небольшомъ размахѣ поршней и при выполненіи не-





} 119.

*) Съ устройствомъ паровой части насоса, по существу менѣе интересной, желающіе могутъ ознакомиться по рисунку и краткому описанію, помѣщеннымъ въ „Бюллетеняхъ Политехническаго Общ." за 1898 г., № 4.

редачи къ нимъ по схемѣ фиг. 7 возможно обходиться и безъ этого, но тогда поршневыя тарелки должны ходить въ цилиндрахъ съ зазоромъ, и герметичность замыканія соединенія будетъ дѣлаться только поршневыми кожаными кольцами.

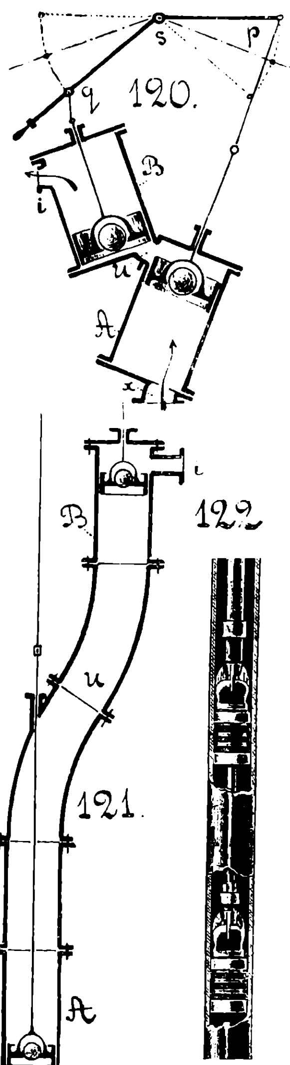
Вопросы. 1. Можно ли на мѣсто крышки *v* надъ лѣвымъ цилиндромъ ставить воздушный колпакъ?

2. Какъ произвести сборку и разборку главныхъ рабочихъ частей этого насоса?

3. Какъ слѣдуетъ переконструировать этотъ насосъ, чтобы оба цилиндра у него можно было отливать по одной и той же модели?

4. Какую схему передачи возможно предложить, чтобы при томъ же самомъ расположеніи рычаговъ *p* и *q* не было надобности въ кольцѣ *Брама* (или замѣняющемъ его сальникѣ) возлѣ стѣнки *l*?

60. **Схема устройства № 5.** Если въ предыдущей схемѣ сдѣлать измѣненіе, расположивши коромысло не внутри рабочихъ камеръ, а наружу, тогда представится возможность имѣть нѣкоторыя своеобразныя измѣненія въ расположеніи цилиндровъ.



На **фиг. 120** дана схема насоса, предложеннаго *Audemar et Guyon* для перекачки вязкихъ жидкостей (*Revue ind.*, 1890 г., *sept.* 27). Въ сущности это простая передѣлка предыдущей схемы (фиг. 119): рычаги вынесены наружу, цилиндры поставлены въ различныхъ уровняхъ и наклонены одинъ къ другому такимъ образомъ, что соединительный каналъ *u* имѣетъ здѣсь минимальную длину, и отклоненіе жидкости отъ общаго направленія на всемъ пути ея протеканія чрезъ насосъ тоже наименьшее. Длина шатуновъ здѣсь естественно выходитъ различною для обоихъ цилиндровъ. Соотвѣтственныя главныя части на схемахъ фиг. 119—120 обозначены одними и тѣми же буквами. Всѣ недостатки, отмѣченныя при описаніи схемы фиг. 119, здѣсь устранены.

При устройствѣ колодезныхъ насосовъ схема *Audemar et Guyon* можетъ быть передѣлана такъ, какъ показываетъ **фиг. 121**: въ колодцѣ близъ воды находится одинъ только цилиндръ *A*, тогда какъ цилиндръ *B* находится внѣ воды, и отъ него дѣлается отвѣтвленіе нагнетательной трубы *i*. Поршни могутъ приводиться въ движеніе или общимъ коромысломъ или же двухколѣннымъ валомъ, у котораго колѣна поставлены подъ угломъ въ 180°. Оба поршневые штока работаютъ здѣсь на растяженіе. При установкѣ цилиндра *B* надъ уровнемъ присасываемой жидкости должно быть соблюдено условіе возможности такого

присасыванія; и если это условіе выполнено, тогда при установившемся движеніи насоса жидкость чрезъ всѣ трубы и рабочія камеры насоса будетъ протекать непрерывно.

Изображеніе такого насоса можно найти также въ журн. *Revue de mécanique*, 1897, № 3, стр. 256.

61. **Схема устройства № 6**. Идя далѣе въ развитіи схемы № 5, расположеніе частей на фиг. 121 можно измѣнить такимъ образомъ, чтобы оба цилиндра *A* и *B* и соединительный каналъ между ними имѣли общую вертикальную ось. Тогда получимъ одну общую трубу, въ которой будутъ совмѣщены всѣ рабочія камеры и трубы насоса. Въ этой трубѣ нужно будетъ заставить двигаться оба поршня все время въ разныя стороны, т. е. когда одинъ изъ нихъ будетъ подниматься, другой долженъ опускаться и наоборотъ. Чтобы поршневые штоки не мѣшали одинъ другому работать, они должны:

1) или выходить изъ цилиндровъ въ разныя стороны, т. е. одинъ сквозь верхнюю крышку цилиндра, другой сквозь нижнюю;

2) или слѣдовать по одному и тому же направленію на небольшомъ разстояніи по горизонтали другъ отъ друга, и тогда штокъ нижняго поршня долженъ будетъ проходить сквозь сальникъ на тарелкѣ верхняго поршня;

3) или слѣдовать по одному и тому же направленію безъ всякаго разстоянія по горизонтали между ихъ геометрическими осями, и тогда штокъ нижняго поршня долженъ будетъ проходить сквозь пустотѣлый штокъ верхняго поршня (см. **фиг. 122**) и сквозь сальникъ у этого полаго штока, расположенный, напр., въ самомъ верху его, наружу.

Идея полученія двойного дѣйствія въ одномъ и томъ же цилиндрѣ помощію двухъ проходныхъ поршней, всегда двигающихся въ разныя стороны, была осуществлена въ 1-й разъ въ Англіи въ 1780 г. механикомъ *Taylor* изъ *Southhampton* (см. сочиненіе *Th. Ewbank — Hydraulics & mecanics*, *New-Iork*, 1876, *pg*. 226). Штанги поршней у *Taylor* были расположены эксцентрично; верхнія части ихъ были обращены въ зубчатыя рейки, которыя находились въ зацѣпленіи съ зубчатой шестерней; валу ея сообщалось качательное движеніе въ ту и другую сторону.

Практическое осуществленіе этой идеи, съ примѣненіемъ къ насосу непрерывно вращающагося трехколѣнчатаго вала, принадлежитъ *Hubert*'у въ 1860 г. Его устройство было выполнено въ видѣ заводскаго насоса съ вертикальнымъ цилиндромъ. Проходные поршни этого насоса получали движеніе отъ вала по схемѣ фиг. 56.

Въ послѣднія 10—15 лѣтъ идея *Тайлора* весьма часто эксплуатируется при устройствѣ артезіанскихъ насосовъ. Цилиндръ въ этомъ случаѣ дѣлается открытымъ снизу и погружается въ скважину настолько глубоко, чтобы даже и при наиболѣе сильной откачкѣ нижній конецъ цилиндра не оказался внѣ воды. Оба поршневые штока идутъ вверхъ или рядомъ, или одинъ внутри другого. Первая изъ этихъ комбинацій

менѣе удачна, такъ какъ она требуетъ имѣть сальникъ, расположенный на тарелкѣ верхняго поршня, т. е. внѣ контроля, а главное — передача давленій отъ поршней на ихъ штоки дѣлается эксцентрично, и самые поршни при этомъ легко защемляются въ цилиндрѣ неправильно изнашиваются сами, неправильно вынашиваютъ и цилиндръ. Поэтому въ послѣднее время получила исключительное распространеніе и въ Америкѣ, и въ Россіи система пропусканія штоковъ одного сквозь другой (см. схему на фиг. **122**).

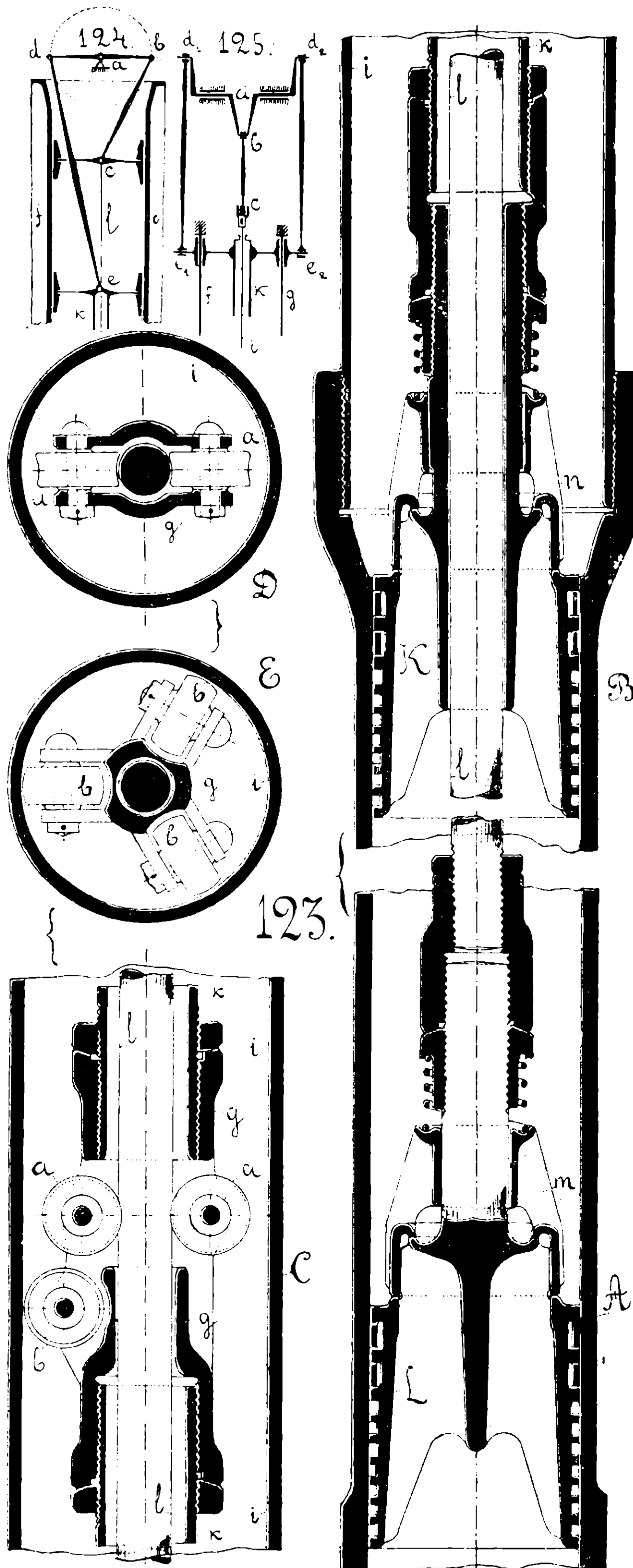
Примѣненіе этой системы насоса при устройствѣ крупнаго водоснабженія имѣло мѣсто между прочимъ на Вѣнской всемірной выставкѣ 1873 г. *). Исполненіе машинъ для водоснабженія поручено было французскому инженеру *Prunier*, спеціалисту по артезіанскимъ работамъ. Паровой цилиндръ (діам. и ходъ поршня по 600 мм.) на прочной рамѣ былъ расположенъ непосредственно надъ скважиной. Діам. поршней у насоса былъ 400 мм. (около 16 дм.), а ходъ ихъ 600 мм. ($23^1/_2$ дм.). Насосъ во все время выставки заставляли работать со скоростью поршней $c = 1$ мт. въ сек. (3,28 фут.) при числѣ оборотовъ вала въ минуту $n = 50$. Ходъ насоса былъ спокойный, плавный. Преодолѣваемый напоръ достигалъ 24 мт. (около 80 фут.), подавалось воды 840 куб. мт. въ часъ (болѣе 68.000 вед.).

Въ 1898 г. на одной изъ Лондонскихъ станцій для водоснабженія города (въ *Streatham*) былъ примѣненъ подобный же принципъ устройства насоса, но съ паровою машиною тройного расширенія пара, поставленною въ сторонѣ отъ насоса, и съ рычажной передачей къ послѣднему: подача — около 1 милліона вед. въ сутки, діаметры насосныхъ поршней по 15 дм., ходъ у каждаго по 5 фут., число двойныхъ размаховъ въ мин. у каждаго поршня $n = 6$, скорость поршня $c = 1$ футъ (0,3 мт.) въ сек.; насосный цилиндръ чугунный съ толщиной стѣнки $1^1/_2$ дм.; высота каждаго изъ поршней по 2 фута, работаютъ они безъ набивки (*The Engineer*, 1898, стр. 400 и 569).

Артезіанскіе насосы, построенные по схемѣ фиг. 122, различаются главнымъ образомъ по способу приведенія ихъ въ движеніе. Въ устройствѣ же поршней и клапановъ въ этихъ насосахъ у различныхъ конструкторовъ очень большой разницы не встрѣчается. Детальное устройство насоснаго цилиндра будетъ описано здѣсь на основаніи чертежей, опубликованныхъ инженеромъ *Рафальскимъ* въ журналѣ *Извѣстія Ю.-Русск. Общ. технологовъ* за 1897, №№ 7 и 8. Примѣнительно къ этимъ чертежамъ мною составлена конструктивная схема насоса, изображенная на **фиг. 123** и передающая главныя особенности конструкціи насоса, выработанныя московскимъ заводомъ *Буркгардтъ*.

Конструкція поршней и штангъ у насосовъ, построенныхъ по схемѣ № 6 (см. фиг. 122), представлена въ продольномъ разрѣзѣ и двухъ

*) См. описаніе подробностей устройства водоснабженія и чертежей насосовъ для него въ сочиненіи *Fontaine — Description des machines à l'exposition de Vienne en 1873. Paris*, 1874, *pg.* 357, *pl.* 42.



поперечныхъ на **фиг. 123:** *A* — нижняя часть цилиндра изъ фосфористой бронзы съ поршнемъ *L* въ ней; *B* — верхняя часть цилиндра съ поршнемъ *K* въ ней: *k* и *l* — поршневые штоки или штанги, имѣющіе общую геометрическую ось: изъ нихъ стальная штанга *l* имѣетъ сплошное круглое сѣченіе, а желѣзная штанга *k* сдѣлана трубчатою полою: при соединеніи концовъ трубчатой штанги между собою (примѣрно, чрезъ каждые 7—8 фут.) ставится муфта *g* изъ фосфористой бронзы (см. фиг. 123, *C*, *D*, *E*) съ двумя системами направляющихъ роликовъ въ ней: два ролика *a* съ вогнутымъ ободомъ у нихъ направляютъ трубчатую штангу *k* относительно сплошной *l*; три ролика *b* съ выпуклымъ ободомъ у нихъ направляютъ всю систему штоковъ относительно водоподъемной трубы *i*. Двухъопорные клапаны *m* и *n* у поршней *K* и *L* сажаются на мѣсто спиральными пружинами. Поршневая набивка состоитъ или изъ металлическихъ

или изъ кожаныхъ колецъ, обусловливающихъ собою герметичное замыканіе поступательной пары между цилиндромъ и поршнемъ. Штанга l выходитъ наружу изъ штанги k при помощи сальника, расположеннаго наружу, на самомъ верху штанги k.

Изъ двухъ названныхъ штангъ сплошная l работаетъ только на одно растяженіе, тогда какъ трубчатая штанга k при опусканіи верхняго поршня K принуждена вдвигаться въ поднимаемый нижнимъ поршнемъ L столбъ воды и вытѣснять собою также нѣкоторый объемъ воды, величина котораго выяснится изъ дальнѣйшаго разсмотрѣнія.

Объемъ воды, подаваемой насосомъ, построеннымъ по схемѣ **фиг. 122** и **123**, будетъ вычисляться слѣдующимъ образомъ:

Пусть обозначаютъ:

D_1 и F_1 — діаметръ и площадь сѣченія цилиндра AB (фиг. 123),

D_2 и F_2 — діаметръ и площадь сѣченія сплошной штанги l,

D_3 и F_3 — внѣшній діаметръ полой штанги k и величина площади круга съ этимъ діаметромъ,

S — размахъ поршней K и L.

Когда штанга l опускается, а штанга k поднимается, въ этотъ періодъ насосъ забираетъ *сразу* все то количество воды, которое подается въ теченіе времени, соотвѣтствующаго двумъ полнымъ размахамъ поршней (или одному обороту насоснаго вала).

Подача воды въ нагнетательную трубу производится въ два періода. Когда верхній поршень K поднимается, онъ перемѣщаетъ въ нагнетательную трубу объемъ:

$$V_1 = S\,.\,(F_1 - F_3) \quad \ldots\ldots\ldots \quad 27.$$

Передаваемое на разность площадей $F_1 - F_3$ давленіе находящагося надъ ней столба воды является главною силою, растягивающею полую штангу k.

При подъемѣ нижняго поршня L онъ нагнетаетъ объемъ

$$V_2 = S\,.\,(F_1 - F_2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad 28.$$

Передаваемое на разность площадей $F_1 - F_2$ давленіе находящагося надъ ней столба воды является главною силою, растягивающею штангу l. Эта сила, какъ видно, всегда будетъ нѣсколько болѣе предыдущей.

Когда нижній поршень L поднимается, въ это время верхній поршень K съ раскрытымъ у него клапаномъ опускается, и штанга k съ находящимся у нея вверху сальникомъ также опускается, вытѣсняя въ подъемную трубу объемъ:

$$V_3 = S\,.\,(F_3 - F_2) \quad \ldots\ldots \quad 29.$$

Передающееся на разность площадей $F_3 - F_2$ давленіе поднимаемаго столба воды является главною силою, сжимающею трубчатую штангу k. Слѣдовательно, во 2-й періодъ, при опусканіи верхняго поршня будетъ нагнетаться объемъ

$$V_2 + V_3 = S.(F_1 - 2F_2 + F_3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \mathbf{30},$$

а полное количество жидкости, доставляемое насосомъ за *1* оборотъ его вала, будетъ:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 2S.(F_1 - F_2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \mathbf{31},$$

т. е. это будетъ насосъ двойного дѣйствія съ рабочей площадью у поршня въ видѣ разности площадей сѣченія у цилиндра и сплошной штанги нижняго поршня.

Выведенный рядъ ф-лъ **27** — **31** позволяетъ сдѣлать относительно насосовъ, которые строятся по схемѣ фиг. **122** и **123**, слѣдующія заключенія:

1. ***Количество воды, которое подаютъ артезіанскіе насосы съ двумя проходными поршнями, совсѣмъ не зависитъ отъ размѣровъ трубчатой штанги, на которой подвѣшенъ верхній поршень.***

2. ***Отношеніе внѣшняго діаметра трубчатой штанги къ діаметру сплошной штанги оказываетъ существенное вліяніе на распредѣленіе подаваемыхъ насосомъ объемовъ воды по періодамъ, соотвѣтствующимъ каждому полуобороту насоснаго вала, и чѣмъ болѣе будетъ выбранъ діаметръ полой штанги, тѣмъ большая часть работы нагнетанія будетъ передана сплошной насосной штангѣ.***

3. ***Съ увеличеніемъ внѣшняго діаметра трубчатой штанги возрастаетъ и величина силы, сжимающей ее при опусканіи верхняго поршня.***

4. ***Внутренній діаметръ трубчатой штанги вліяетъ только на крѣпость ея, но отъ него нисколько не зависитъ ни распредѣленіе количества нагнетаемой жидкости по періодамъ, ни величина усилія, сжимающаго трубчатую штангу.***

Распредѣленіе нагрузки между штангами насоса. Въ примѣрѣ, опубликованномъ инж. *Рафальскимъ* (см. *Изв. Ю.-Рус. Общ. технол.*, 1897, № 7), имѣемъ слѣдующія данныя для одной изъ установокъ, сдѣланныхъ зав. *Буркгардтъ*:

Діаметръ скважины 6 дм., діаметръ насоснаго цилиндра $D_1 = 3^7/_8$ дм., діаметръ сплошной стальной штанги $D_2 = 1$ дм., внѣшній діаметръ трубчатой штанги $D_3 = 1^7/_8$ дм. Число оборотовъ насоснаго вала давалось отъ 45 до 55, соотвѣтственно этому насосъ подавалъ отъ 1150 до 1500 вед. въ часъ при размахѣ поршней $S = 15$ дм. и скорости движенія ихъ $c = 0,7$ мт. въ сек. (27,5 дм.). Примѣнительно къ этимъ даннымъ выяснимъ, какимъ образомъ распредѣляется подаваемый насосомъ объемъ воды по періодамъ:

Для $D_1 = 3^7/_8$ дм. . . . . . . $F_1 = 11,793$ квадр. дм.
» $D_2 = 1$ » . . . . $F_2 = 0,785$ » »
» $D_3 = 1^7/_8$ » . . . . $F_3 = 2,761$ » »

Сравненіе ф-лъ **27** и **30** дастъ намъ:

$$\frac{V_1}{V_2 + V_3} = \frac{9{,}032}{12{,}984} = 0{,}695.$$

т. е. при подъемѣ верхняго поршня насосъ подастъ 9:22 или 41% всего количества воды, нагнетаемаго за 1 оборотъ вала, а при подъемѣ нижняго поршня остальные 12 : 22 или 59%. т. е. распредѣленіе всего количества нагнетаемой воды по періодамъ въ этомъ насосѣ было почти совершенно такое же, какъ и въ разсмотрѣнномъ выше насосѣ ***Винкеля*** (см. § 57) первой конструкціи.

Затѣмъ отношеніе между нагрузками, растягивающими обѣ штанги, и нагрузкою, сжимающею трубчатую штангу, можно выразить приближенно *) отношеніемъ:

$$V_1 : V_2 : V_3 = 9{,}03 : 11 : 1{,}97.$$

т. е. около 50% ***всей подъемной силы въ разсмотрѣнномъ примѣрѣ воспринимаетъ на себѣ сплошная штанга нижняго поршня, работающая всегда на растяженіе, трубчатая же штанга, работая тоже на растяженіе, передаетъ 9:22 или 41%, а остальные 9% передаются ею при работѣ на сжатіе.*** При другихъ соотношеніяхъ въ размѣрахъ будутъ, разумѣется, и другія числовыя соотношенія, но сущность способа ихъ вычисленія не измѣнится. Если же при распредѣленіи нагрузокъ на штанги принять во вниманіе также и силы инерціи отъ ихъ вѣса и отъ тяжести столба воды, приводимыхъ въ движеніе, то процентное отношеніе для сжимаемой трубчатой штанги будетъ еще болѣе неблагопріятнымъ, хотя, конечно, и не въ такой высокой степени, какъ это всегда будетъ въ насосѣ ***Винкеля*** (см. конецъ § 57).

62. **Способы приведенія въ движеніе артезіанскихъ насосовъ съ двумя проходными поршнями,** построенныхъ по схемѣ фиг. 122 и 123, могутъ быть весьма разнообразны. Опишемъ здѣсь нѣсколько способовъ, наиболѣе употребительныхъ въ русской и американской практикѣ, замѣтивъ предварительно, что въ шахтномъ дѣлѣ насосы съ такимъ движеніемъ поршней употребляются съ 60-хъ годовъ. Въ сочиненіи *Tecklenburg* можно найти чертежи и описаніе двухъ конструкцій станковъ того времени, исполненныхъ англійскимъ заводомъ *Mather & Platt* (томъ IV, стр. 50, табл. VII — $D = 300$, $S = 1200$ мм.).

Станокъ «Бюро изслѣдованій почвы проф. Войслава» въ схемѣ изображенъ на **фиг. 124** **): *a* — валъ, расположенный надъ шахтою

---

*) *Приближенно*—потому, что въ составъ этихъ нагрузокъ не войдутъ еще силы инерціи твердыхъ тѣлъ и колонны воды, приводимыхъ въ этомъ насосѣ въ движеніе.

**) Чертежъ подобнаго станка помѣщенъ въ *Изв. Ю.-Рус. Общ. технол.* за 1897 г., № 8. Полезно составить самому этотъ чертежъ въ двухъ проекціяхъ по слѣ-

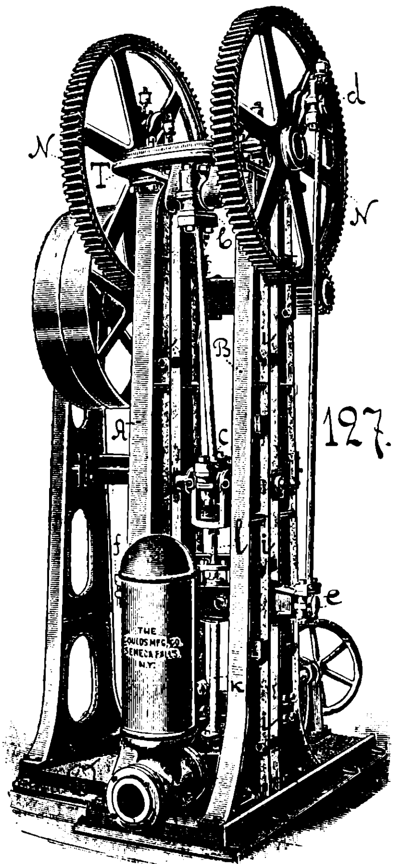
насоса на нѣсколькихъ опорахъ и приводимый въ движеніе посредствомъ ременной передачи отъ какого-либо двигателя; та часть вала *a*, которая находится непосредственно надъ насосомъ, выполнена въ видѣ трехколѣнчатаго вала; среднее колѣно его *b* короткимъ шатуномъ *bc* передаетъ движеніе ползуну *c* и центральной сплошной штангѣ насоса *l*; два крайнія колѣна вала *d* поставлены подъ угломъ въ 180° къ среднему и двумя одинаковой длины шатунами *de* передаютъ движеніе ползуну *e* и трубчатой штангѣ *k*, неизмѣнно съ нимъ связанной; по обѣ стороны трехколѣнчатаго вала поставлены для него опоры, связанныя между собою общей фундаментной плитой; къ ней же укрѣплены верхними своими частями и параллели *f* и *g*, направляющія движеніе ползуновъ; нижнія части параллелей скрѣпляются съ чугунной литой коробкой въ видѣ тройника; къ нижнему отверстію тройника присоединяется водоподъемная труба, по которой поршни гонятъ воду наружу; сбоку тройника пойдетъ наружная часть нагнетательной трубы, а вверху сквозь сальникъ выходитъ наружу трубчатая штанга *k;* ремнемъ отъ двигателя приводится въ движеніе прямолинейная часть вала *a*, которая составляетъ непосредственное продолженіе трехколѣнчатаго вала, соединена съ нимъ фрикціонною муфтою *Ramsbottom* *) и лежитъ на своихъ двухъ опорахъ. Весь описанный станокъ представляетъ собою весьма простое, солидное, устойчивое устройство и позволяетъ насосу безъ большихъ ударовъ и сопряженій работать съ довольно большой скоростью. Въ одномъ примѣрѣ подобнаго станка, описанномъ инж. *Рафальскимъ*, валъ *a* станка получалъ 100 обор. въ мин. при размахѣ поршней въ 18 дм., что соотвѣтствуетъ средней секундной скорости поршня $c = 1{,}52$ мт. (5 фут.). Отношеніе длинъ шатуновъ къ радіусу колѣна въ этомъ станкѣ было выполнено = около 4,5 и 7,5. Когда первое изъ нихъ будетъ выбрано, *min* второго опредѣляется непосредственнымъ вычерчиваніемъ механизма.

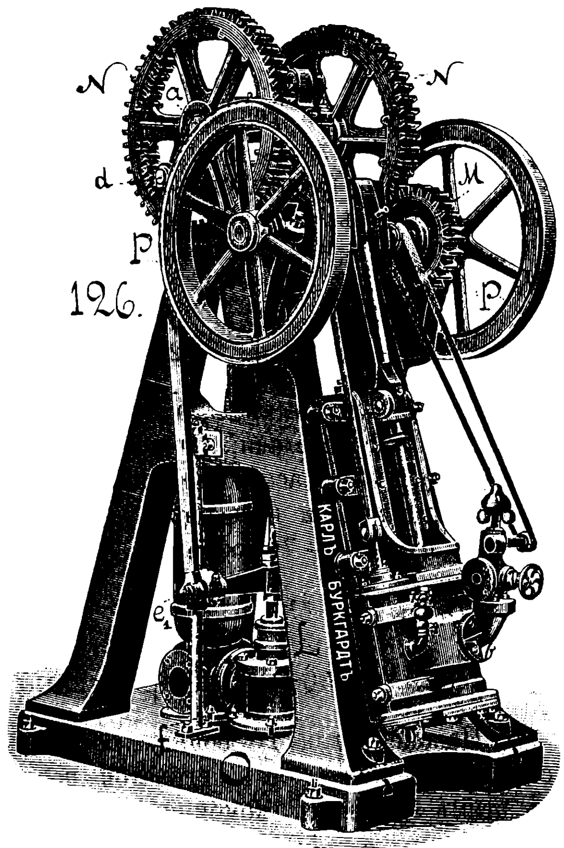
Станокъ завода Буркгардтъ въ Москвѣ въ элементарной схемѣ представленъ на **фиг. 125**, а въ перспективномъ видѣ—на **фиг. 126**. Здѣсь представленъ тотъ случай, когда насосъ заимствуетъ свое движеніе непосредственно отъ паровой машины, но оно можетъ быть получено насосомъ и отъ какого-либо другого двигателя. Суть дѣла здѣсь заключается въ употребленіи двухъ валовъ, геометрическія оси которыхъ не составляютъ продолженія одна другой, какъ это было въ предыдущемъ станкѣ, а расположены параллельно одна другой, и между ними введена зубчатая передача, которую заводъ выполняетъ обыкновенно въ видѣ двухъ одинаковыхъ паръ зубчатыхъ колесъ съ шевронными зубьями, изготовленныхъ на формовочныхъ машинахъ.

Въ случаѣ передачи къ станку отъ паровой машины послѣдняя можетъ быть или простого расширенія (фиг. 126) или же системы компаундъ. Паровая машина укрѣпляется къ боковымъ сторонамъ двухъ чугунныхъ станинъ *L* въ видѣ буквы *A*, поставленныхъ на общей фун-

*) См. *Худяковъ—Атласъ деталей машинъ*, изд. 2-е, ч. II, табл. 64, фиг. 7 и 8.

даментной плитѣ *O*. На колѣнчатомъ валу паровой машины двѣ передаточныя шестерни *M* посажены между опорами вала, а два маховика *P* — внѣ опоръ. Валъ *a* насоса одноколѣнчатый, внѣ опоръ его накрѣпко посажены на немъ зубчатыя колеса *N*; въ спицы ихъ, замѣняющія собою кривошипы, вставлены пальцы *d*, отъ которыхъ шатунами d_1 e_1 и d_2 e_2 движеніе передается траверсѣ e_1 e_2, направляемой въ своемъ прямолинейномъ движеніи параллелями *f* и *g* въ видѣ цилиндрическихъ стержней. Траверса e_1 e_2 передаетъ движеніе трубчатой штангѣ *k*, а сплошная штанга *l* заимствуетъ движеніе отъ колѣна *ab*, короткаго шатуна *bc* и ползуна *c*. Тройникъ для соединенія водоподъемной трубы съ наружной нагнетательной вѣтвью и для пропуска штангъ наружу чрезъ сальникъ имѣется также и здѣсь.





Въ статьѣ инж. *Рафальскаго* (см. *Изв. Ю.-Р. Общ. технол.* 1897 г., № 7, стр. 92) данъ довольно неблагопріятный отзывъ относительно работы одного изъ станковъ, съ которымъ пришлось ему имѣть дѣло. «Число оборотовъ парового вала было около $2^1/_2$ разъ болѣе числа оборотнаго водяного (насоснаго) вала», поэтому періоды прохожденія скорости поршней чрезъ значеніе, равное нулю, у паровой машины и насоса никогда не совпадали. Результатомъ этого являлся далеко не плавный ходъ станка, «грохотъ и дрожаніе машины были до того

сильны, что пускать насосъ болѣе чѣмъ на 55 оборотовъ въ минуту было прямо опасно», хотя въ прейсъ-курантѣ завода для насосовъ этого размѣра и дается число оборотовъ въ мин. для насоснаго вала отъ 50 до 70. При размахѣ насосныхъ поршней въ 15 дм., средняя скорость движенія насосныхъ поршней была здѣсь $c = 0,7$ мт. (27,5 дм.) въ сек., т. е. она была далеко не высока, и главная причина неудовлетворительной работы станка заключалась именно въ неудачномъ выборѣ передаточнаго числа у зубчатой передачи. Но недостатокъ этотъ, какъ видно, принадлежитъ къ числу случайныхъ и легко устранимыхъ.

Станки этого типа (съ зубчатой передачей и съ паровой машиной—діам. поршня $6^1/_4$ дм., ходъ его 9 дм.) заводъ *Буркгардтъ* ставитъ только на скважины 6 дм. діам. (наружный діам. буровой трубы 6 дм., внутренній—$5^5/_8$ дм.). Съ одной и той же паровой машиной заводъ комбинируетъ 3 модели насосовъ, у всѣхъ — общій ходъ поршней 15 дм., число оборотовъ насоснаго вала въ минуту отъ 50 до 70, что соотвѣтствуетъ секундной скорости поршня отъ 0,64 до 0,89 мт. (отъ 25 до 35 дм.).

Діаметры цилиндровъ D_1 у этихъ насосовъ въ дм. и подача ими воды въ часъ въ ведрахъ (Q_1) таковы:

$D_1 =$	3	$3^7/_8$	$4^1/_4$ дм.
$Q_1 =$	700 — 1000	1200 — 1700	1450 — 2000 вед. въ часъ.

Для 8-дюймовыхъ скважинъ заводъ имѣетъ другой типъ станка — безъ зубчатой передачи; у паровой машины (діам. поршня 8 дм., ходъ его 11 дм.) и у насоса — общій валъ. Съ этимъ станкомъ комбинируются двѣ модели насосовъ, у обѣихъ ходъ насосныхъ поршней $S =$ 15 дм., $n = 50 — 70$ обор.:

$D_1 =$	$5^1/_4$	$5^7/_8$ дм.
$Q_1 =$	2250 — 3100	2800 — 4000 вед. въ час.

Наконецъ для 10-дюймовыхъ скважинъ заводъ строитъ 3-й типъ станковъ — тоже безъ зубчатой передачи и съ компаундъ-машиною: съ этимъ станкомъ комбинируется насосъ, у котораго $D_1 = 7^1/_4$ дм., $S = 16$ дм., $n = 50—60$, $c = 0,69—0,81$ мт. (27,3—32 дм.) въ сек., $Q_1 = 4650 — 5550$ вед. въ часъ.

Станокъ американскаго завода Goulds изображенъ на **фиг. 127** и приспособленъ для работы отъ приводнаго вала или какого-угодно двигателя посредствомъ ременной передачи. Валовъ въ этомъ станкѣ 2, одинъ—пріемный съ прямолинейной осью, а другой насосный — одноколѣнчатый, отъ него шатуномъ bc движеніе передается центральной штангѣ l (1 дм. діам.); за опорами колѣнчатаго вала на концахъ его посажены зубчатыя колеса N; пальцы d для головокъ шатуновъ de

вставлены въ спицы этихъ колесъ; шатуны *de* посредствомъ траверсы *ef* передаютъ движеніе трубчатой штангѣ *k* ($1\frac{1}{2}$ дм. діам.). Въ общемъ устройство этого станка весьма близко къ предыдущему, и разница между ними только въ нѣкоторыхъ частностяхъ конструкціи; можно сказать, что станокъ завода *Goulds* представляетъ собою какъ бы комбинацію двухъ первыхъ типовъ станковъ, описанныхъ выше: зубчатыя колеса и передача ко внѣшнимъ шатунамъ здѣсь повторены такъ же, какъ и въ станкѣ ***Буркгардта***, а направляющія для всѣхъ 4 ползуновъ общія, какъ и въ первомъ станкѣ ***Бюро проф. Войслава***, но деталировка частей своеобразная. Станинъ здѣсь *3*, изъ нихъ главныя двѣ ***A*** и ***B*** составлены каждая изъ двухъ штукъ отлитыхъ по одной и той же модели; обращенныя одна къ другой плоскости ихъ обработаны, какъ параллели для ползуновъ; взаимное разстояніе между этими параллелями регулируется посредствомъ стягивающихъ и распирающихъ болтовъ ***i***, ***i***. Станины ***A*** и ***B*** внизу скрѣплены съ фундаментной плитой ***O***, а вверху накрѣпко обвязаны соединительнымъ кольцомъ *T*, къ которому укрѣплены подшипники колѣнчатаго вала. Внѣшніе кривошипы (спицы колесъ съ пальцами *d*) и колѣно вала поставлены подъ угломъ въ 180°.

Заводъ *Goulds* строитъ такіе станки въ комбинаціи съ 5-ю различными моделями насосовъ. У всѣхъ нихъ общій ходъ поршней $S = 18$ дм., $n = 25$ обор., $c = 15$ дм. (0,36 мт.) въ сек., т. е. въ 2 раза менѣе, чѣмъ въ станкахъ ***Буркгардта*** и въ 4 раза менѣе, чѣмъ въ станкахъ проф. ***Войслава***. Передаточное число въ зубчатой передачѣ дѣлается $= 6$, діам. коренного и холостого шкивовъ 36 дм., ширина обода у каждаго по 6 дм.

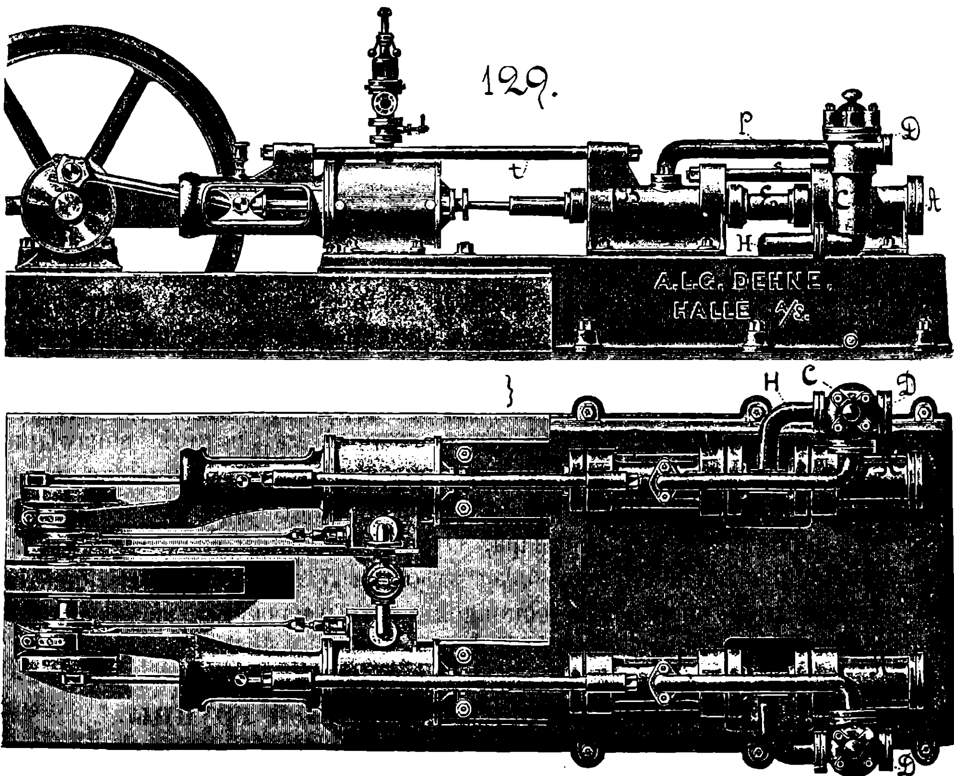
Пять моделей насосовъ *Goulds* характеризуются слѣдующими данными для нихъ:

Діаметръ цилиндровъ D_1 .	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{3}{4}$	$5\frac{3}{4}$	$6\frac{3}{4}$	$7\frac{3}{4}$ дм.
Подача Q_1	800	1250	1800	2500	3300 вед. въ часъ.
Напоръ h	500	425	325	200	150 фут.

Станокъ американскаго завода Downie Brothers & Nevin изображенъ въ двухъ конструктивныхъ схемахъ на **фиг. 128**: лѣвый станокъ предназначается для работы отъ вѣтряного двигателя, а правый— отъ парового цилиндра, непосредственно располагаемаго надъ станкомъ. Въ обоихъ случаяхъ суть дѣла одна и та же. Три шатунныхъ механизма предыдущихъ станковъ со скользящими между параллелей ползунами замѣнены здѣсь такимъ механизмомъ, который состоитъ исключительно изъ одннхъ паръ вращенія. Въ трехъ предыдущихъ станкахъ было по 8 паръ вращенія и по 2 (или 3, или 4) поступательныхъ пары въ ползунахъ, а здѣсь ихъ замѣняютъ 10 паръ вращенія, такъ что въ общемъ все устройство, изображенное на фиг. 128, по числу изнашивающихся въ немъ паръ ничуть не сложнѣе всѣхъ предыдущихъ, хотя 1-е впечатлѣніе, которое дѣлаетъ этотъ станокъ, всегда не въ его пользу.

выше нагнетательнаго клапана) сообщено съ лѣвымъ цилиндромъ B посредствомъ соединительной трубы p. Насосные цилиндры и паровые монтированы на общей фундаментной плитѣ и скрѣплены съ нею болтами; кромѣ этого, верхнія части этихъ цилиндровъ между собою связаны посредствомъ стягивающихъ и распирающихъ болтовъ s и t.

Согласно съ ф-лой *19* (см. § 44), при такой комбинаціи насосовъ въ нагнетательной магистрали максимальная скорость движенія воды будетъ отличаться отъ средней всего только на 11% даже и въ томъ случаѣ, если бы насосъ не былъ снабженъ нагнетательнымъ воздушнымъ колпакомъ. Такимъ образомъ эта комбинація насосовъ является очень подходящей для работы при высокомъ давленіи, а также и для работы съ электромоторами. Съ развитіемъ электрической передачи вообще, въ послѣднее время очень часто стали пользоваться этой комбинаціей насосовъ, дающей довольно постоянное сопротивленіе.

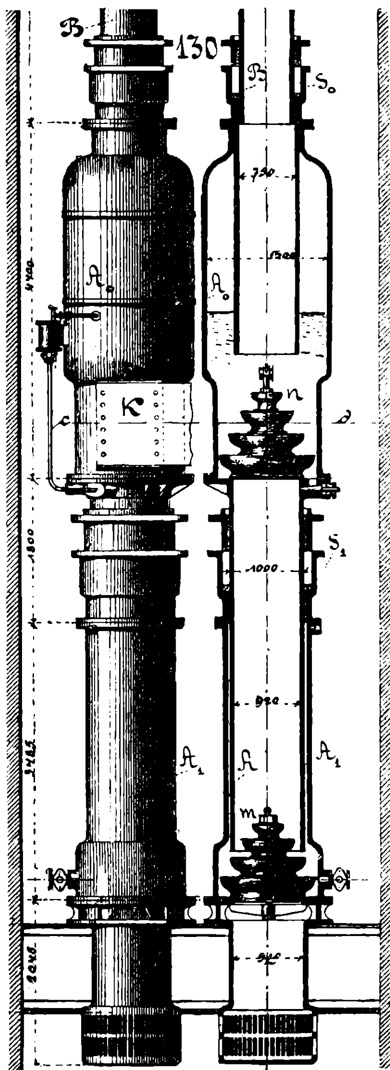


На фиг. 129 изображена комбинація насосовъ съ паровою машиною просто сдвоенною, но она можетъ быть поставлена и типа компаундъ при желаніи работать болѣе экономично по отношенію къ расходу топлива.

Діаметры ступенчатаго плунжера, погружающагося въ рабочія камеры A и B (фиг. 129), должны быть взяты по ф-лѣ *18* (см. § 37). Особенно простымъ и дешевымъ выходитъ выполненіе такой комбинаціи въ томъ случаѣ, когда симметрія частей ея и повтореніе ихъ будутъ имѣть мѣсто не только въ насосной части, но и въ паровой.

64. **Одинъ изъ примѣровъ неправильнаго дублированія насосовъ простого дѣйствія II-й группы** представленъ въ конструктивной схемѣ на **фиг. 130** въ видѣ колоссальнаго шахтнаго насоса.

Поставлены рядомъ и сдвоены въ одно цѣлое 2 насоса простого дѣйствія типа *Althans* (фиг. 51). Соотвѣтственныя части на фиг. 51 и 130 обозначены одпѣми и тѣми же буквами. Воздушные колпаки A_0 двухъ смежныхъ насосовъ скрѣплены между собою посредствомъ двухъ весьма крѣпкихъ накладокъ или траверсъ *K* изъ листового желѣза, толщиною 15 мм., а высотою въ 1 мт. Къ каждой изъ этихъ траверсъ приклепана штанга изъ 4 уголковъ, получающая движеніе отъ коромысла надземной паровой машины.



При такомъ способѣ сдваиванія насосъ не будетъ работать по раціональному графику, изображенному на фиг. 54 для комбинаціи, показанной на фиг. 129. Работа этого насоса въ сущности ничѣмъ не будетъ отличаться отъ насоса простого дѣйствія II-й группы (графикъ фиг. 18), только здѣсь рабочая площадь будетъ удвоена, такъ какъ имѣется пара насосовъ, у которыхъ всѣ періоды работы совпадаютъ. Такая неправильность въ комбинированіи допущена здѣсь изъ-за особыхъ соображеній, изъ-за желанія имѣть болѣе простую передачу движенія отъ коромысла паровой машины къ насосу.

На фиг. 130 изображенъ шахтный насосъ системы извѣстнаго вестфальскаго завода *Gutehoffnungshütte* (въ Оберхаузенѣ): внѣшній діаметръ трубы *B*—750 мм., трубы *A*—1000 мм., ходъ послѣдней 2825 мм., клапаны *m* и *n* — многоэтажные (съ 3 тарелками каждый), рабочая средняя скорость насосныхъ штангъ отъ 0,3 до 0,4 мт. въ сек. Обѣ нагнетательныя трубы ***B*** заводъ ведетъ обыкновенно раздѣльно до самаго верха, пользуясь ими для укрѣпленія къ нимъ параллелей, направляющихъ чугунные башмаки насосныхъ штангъ. Такіе башмаки разставляются одна пара отъ другой по глубинѣ шахты на разстояніи до 25 мт.

Вопросы. 1. Удовлетворяютъ ли діаметры трубъ *A* и *B* формулу **18** (см. § 37).
2. Въ какомъ отношеніи здѣсь находятся величины работы нагнетанія при подъемѣ штангъ и при опусканіи нихъ.

НАСОСЫ ТРОЙНОГО ДѢЙСТВІЯ.

65. **Производительность насосовъ тройного дѣйствія и способы ея полученія.** Насосъ *простого* дѣйствія за время *1* оборота вала (или двухъ полныхъ размаховъ поршня) подаетъ объемъ жидкости $F.S$, если F — площадь поршня, а S — его ходъ. Насосъ *двойного* дѣйствія при *1* оборотѣ вала подаетъ объемъ жидкости, равный $2.F.S$ или же близкій къ этой величинѣ. Можно представить себѣ и такую комбинацію частей насоса, при существованіи которой при *1* оборотѣ вала насосъ будетъ подавать объемъ жидкости, равный $3.F.S$ или же близкій къ этой величинѣ. Это будетъ тогда *насосъ тройного дѣйствія.* Наиболѣе простое и естественное рѣшеніе вопроса о полученіи отъ насоснаго устройства тройной объемной производительности заключается въ употребленіи трехъ одинаковыхъ однодѣйствующихъ насосовъ, приводимыхъ въ движеніе отъ одного и того же вала. Но выполненіе такой комбинаціи должно происходить съ возможно малыми добавочными затратами труда, капитала и мѣста, какъ въ помѣщеніи самой станціи, такъ и внѣ ея, сравнительно съ насосомъ двойного дѣйствія.

Само собою разумѣется поэтому, что у насоса тройного дѣйствія будетъ одинъ общій трубопроводъ, а не 2, и не 3; затѣмъ утроивать число *всѣхъ* передаточныхъ частей между двигателемъ и насосомъ также не желательно; въ тройномъ числѣ должны быть введены только тѣ части устройства, существованіе которыхъ неизбѣжно вызывается самой сущностью устройства и дѣйствія насоса, какъ законченной машины.

Выраженіе объема жидкости, подаваемой за 1 оборотъ вала, можно читать или какъ $S.3F$, или какъ $F.3S$. Это наводитъ на мысль, что тройное дѣйствіе отъ насоса возможно получить, работая: 1) или съ тремя цилиндрами, имѣющими одинаковую площадь F и одинаковый ходъ S, 2) или съ однимъ цилиндромъ, имѣющимъ площадь F, въ которомъ система поршней совершаетъ такія перемѣщенія, что за 1 оборотъ вала происходитъ присасываніе жидкости въ цилиндръ въ объемѣ $3FS$ и нагнетаніе ея въ такомъ же количествѣ.

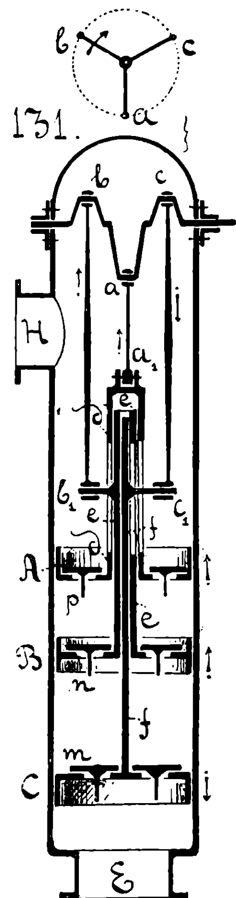
Выраженная здѣсь мысль даетъ намъ понять, насколько разнообразны могутъ быть вообще устройства насосовъ тройного дѣйствія, если имѣть въ виду различныя спеціальныя требованія, устанавливающія зависимость конструкціи насоса отъ различныхъ факторовъ его работы, какъ-то: природы перекачиваемой насосомъ жидкости, рода двигателя для насоса, степени равномѣрности подачи жидкости, различныхъ стѣсненій относительно мѣста, отводимаго для установки насоса и т. д.

Дѣлая критическую оцѣнку различныхъ конструкцій насосовъ тройного дѣйствія, необходимо имѣть въ виду также и вліяніе ихъ на размѣры трубопровода, на болѣе или менѣе экономичное использованіе его. Вѣрныя руководящія данныя для этого даетъ всегда *графикъ объемовъ и скоростей.* (см. § 12).

A priori можно сказать, что постановка кривошиповъ подъ углами 0°, 90 и 180° одинъ къ другому не будетъ достаточно выгодною ни по отношенію къ затратѣ работы на преодолѣніе тренія въ трубопроводѣ, ни по отношенію къ достиженію равномѣрности подачи. Болѣе естественнымъ представляется здѣсь имѣть кривошипы, поставленными одинъ къ другому подъ угломъ въ 120°. При дальнѣйшемъ знакомствѣ съ насосами тройного дѣйствія мы увидимъ, что такое именно расположеніе кривошиповъ является единственнымъ, которое въ этомъ случаѣ примѣняется въ практикѣ, и что оно вполнѣ раціонально.

Прежде чѣмъ перейти къ разсмотрѣнію доказательства этого положенія, остановимъ наше вниманіе на болѣе близкомъ изученіи работы одного изъ насосовъ тройного дѣйствія наименѣе раціональнаго устройства.

66. **Насосъ Leroux.** На Парижскую всемірную выставку 1889 г. французскій заводъ *Leroux Frères (à Tours, Indre et Loire)* представилъ насосъ, схема котораго изображена на **фиг. 131**. Насосъ—съ однимъ цилиндромъ, замкнутымъ сверху; въ немъ работаютъ 3 проходныхъ поршня *A*, *B* и *C* отъ общаго трехколѣнчатаго вала *bac*, колѣна у котораго поставлены подъ угломъ въ 120°.



Всѣ три поршневыя штанги здѣсь имѣютъ общую геометрическую ось. Центральной штангѣ *f* дано сплошное круглое сѣченіе; къ ней подвѣшенъ нижній поршень *C*, а сама она заимствуетъ движеніе отъ колѣна *c* при помощи шатуна cc_1 и пальца c_1, который ходитъ въ боковыхъ прорѣзахъ у двухъ другихъ поршневыхъ штангъ *d* и *e*, сдѣланныхъ трубчатыми.

Штанга *e* средняго поршня плотно охватываетъ штангу *f*, а сама вточена въ трубчатую штангу *d* верхняго поршня; штанга *e* снабжена пальцемъ b_1, который ходитъ въ долевомъ прорѣзѣ штанги *d* и получаетъ движеніе отъ колѣна *b* при помощи шатуна bb_1. Наконецъ штанга *d* заимствуетъ свое движеніе отъ средняго колѣна *a* посредствомъ короткаго шатуна a_1.

Никакихъ направляющихъ для штангъ здѣсь нѣтъ, онѣ взаимно направляютъ одна другую въ ихъ движеніи, причемъ двѣ изъ нихъ *e* и *f* будутъ испытывать эксцентричное растяженіе въ періодъ нагнетанія, а моменты, перекашивающіе эти штанги во время работы, будутъ неизбѣжно вызывать добавочное боковое давленіе между поршнями *B* и *C* и цилиндромъ.

Легко понять, какою дорогою цѣною здѣсь покупается компактность всего устройства, какая тщательность пригонки всѣхъ главныхъ частей механизма здѣсь требуется, какія неудобныя условія здѣсь созданы конструкторомъ для изнашиванія всѣхъ трехъ штангъ, ихъ

НАСОСЫ ТРОЙНОГО ДѢЙСТВІЯ.

65. **Производительность насосовъ тройного дѣйствія и способы ея полученія.** Насосъ *простого* дѣйствія за время *1* оборота вала (или двухъ полныхъ размаховъ поршня) подаетъ объемъ жидкости $F . S$, если F — площадь поршня, а S — его ходъ. Насосъ *двойного* дѣйствія при *1* оборотѣ вала подаетъ объемъ жидкости, равный $2 . F . S$ или же близкій къ этой величинѣ. Можно представить себѣ и такую комбинацію частей насоса, при существованіи которой при *1* оборотѣ вала насосъ будетъ подавать объемъ жидкости, равный $3 . F . S$ или же близкій къ этой величинѣ. Это будетъ тогда *насосъ тройного дѣйствія.* Наиболѣе простое и естественное рѣшеніе вопроса о полученіи отъ насоснаго устройства тройной объемной производительности заключается въ употребленіи трехъ одинаковыхъ одnодѣйствующихъ насосовъ, приводимыхъ въ движеніе отъ одного и того же вала. Но выполненіе такой комбинаціи должно происходить съ возможно малыми добавочными затратами труда, капитала и мѣста, какъ въ помѣщеніи самой станціи, такъ и внѣ ея, сравнительно съ насосомъ двойного дѣйствія.

Само собою разумѣется поэтому, что у насоса тройного дѣйствія будетъ одинъ общій трубопроводъ, а не 2, и не 3; затѣмъ утроивать число *всѣхъ* передаточныхъ частей между двигателемъ и насосомъ также не желательно; въ тройномъ числѣ должны быть введены только тѣ части устройства, существованіе которыхъ неизбѣжно вызывается самой сущностью устройства и дѣйствія насоса, какъ законченной машины.

Выраженіе объема жидкости, подаваемой за 1 оборотъ вала, можно читать или какъ $S . 3F$, или какъ $F . 3S$. Это наводитъ на мысль, что тройное дѣйствіе отъ насоса возможно получить, работая: 1) или съ тремя цилиндрами, имѣющими одинаковую площадь F и одинаковый ходъ S, 2) или съ однимъ цилиндромъ, имѣющимъ площадь F, въ которомъ система поршней совершаетъ такія перемѣщенія, что за 1 оборотъ вала происходитъ присасываніе жидкости въ цилиндръ въ объемѣ $3FS$ и нагнетаніе ея въ такомъ же количествѣ.

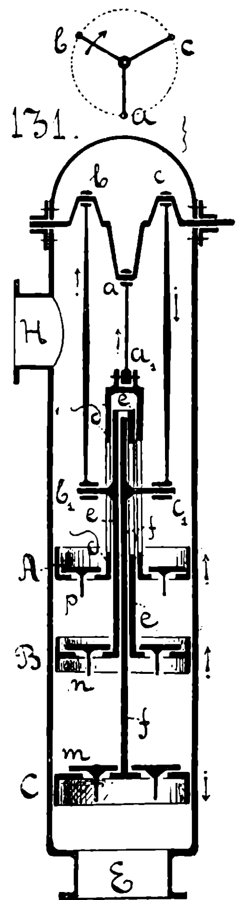
Выраженная здѣсь мысль даетъ намъ понять, насколько разнообразны могутъ быть вообще устройства насосовъ тройного дѣйствія, если имѣть въ виду различныя спеціальныя требованія, устанавливающія зависимость конструкціи насоса отъ различныхъ факторовъ его работы, какъ-то: природы перекачиваемой насосомъ жидкости, рода двигателя для насоса, степени равномѣрности подачи жидкости, различныхъ стѣсненій относительно мѣста, отводимаго для установки насоса и т. д.

Дѣлая критическую оцѣнку различныхъ конструкцій насосовъ тройного дѣйствія, необходимо имѣть въ виду также и вліяніе ихъ на размѣры трубопровода, на болѣе или менѣе экономичное использованіе его. Вѣрныя руководящія данныя для этого даетъ всегда *графикъ объемовъ и скоростей.* (см. § 12).

A priori можно сказать, что постановка кривошиповъ подъ углами 0°, 90 и 180° одинъ къ другому не будетъ достаточно выгодною ни по отношенію къ затратѣ работы на преодолѣніе тренія въ трубопроводѣ, ни по отношенію къ достиженію равномѣрности подачи. Болѣе естественнымъ представляется здѣсь имѣть кривошипы, поставленными одинъ къ другому подъ угломъ въ 120°. При дальнѣйшемъ знакомствѣ съ насосами тройного дѣйствія мы увидимъ, что такое именно расположеніе кривошиповъ является единственнымъ, которое въ этомъ случаѣ примѣняется въ практикѣ, и что оно вполнѣ раціонально.

Прежде чѣмъ перейти къ разсмотрѣнію доказательства этого положенія, остановимъ наше вниманіе на болѣе близкомъ изученіи работы одного изъ насосовъ тройного дѣйствія наименѣе раціональнаго устройства.

66. **Насосъ Leroux.** На Парижскую всемірную выставку 1889 г. французскій заводъ *Leroux Frères (à Tours, Indre et Loire)* представилъ насосъ, схема котораго изображена на **фиг. 131**. Насосъ—съ однимъ цилиндромъ, замкнутымъ сверху; въ немъ работаютъ 3 проходныхъ поршня *A*, *B* и *C* отъ общаго трехколѣнчатаго вала *bac*, колѣна у котораго поставлены подъ угломъ въ 120°.



Всѣ три поршневыя штанги здѣсь имѣютъ общую геометрическую ось. Центральной штангѣ *f* дано сплошное круглое сѣченіе; къ ней подвѣшенъ нижній поршень *C*, а сама она заимствуетъ движеніе отъ колѣна *c* при помощи шатуна cc_1 и пальца c_1, который ходитъ въ боковыхъ прорѣзахъ у двухъ другихъ поршневыхъ штангъ *d* и *e*, сдѣланныхъ трубчатыми.

Штанга *e* средняго поршня плотно охватываетъ штангу *f*, а сама вточена въ трубчатую штангу *d* верхняго поршня; штанга *e* снабжена пальцемъ b_1, который ходитъ въ долевомъ прорѣзѣ штанги *d* и получаетъ движеніе отъ колѣна *b* при помощи шатуна bb_1. Наконецъ штанга *d* заимствуетъ свое движеніе отъ средняго колѣна *a* посредствомъ короткаго шатуна a_1.

Никакихъ направляющихъ для штангъ здѣсь нѣтъ, онѣ взаимно направляютъ одна другую въ ихъ движеніи, причемъ двѣ изъ нихъ *e* и *f* будутъ испытывать эксцентричное растяженіе въ періодъ нагнетанія, а моменты, перекашивающіе эти штанги во время работы, будутъ неизбѣжно вызывать добавочное боковое давленіе между поршнями *B* и *C* и цилиндромъ.

Легко понять, какою дорогою цѣною здѣсь покупается компактность всего устройства, какая тщательность пригонки всѣхъ главныхъ частей механизма здѣсь требуется, какія неудобныя условія здѣсь созданы конструкторомъ для изнашиванія всѣхъ трехъ штангъ, ихъ

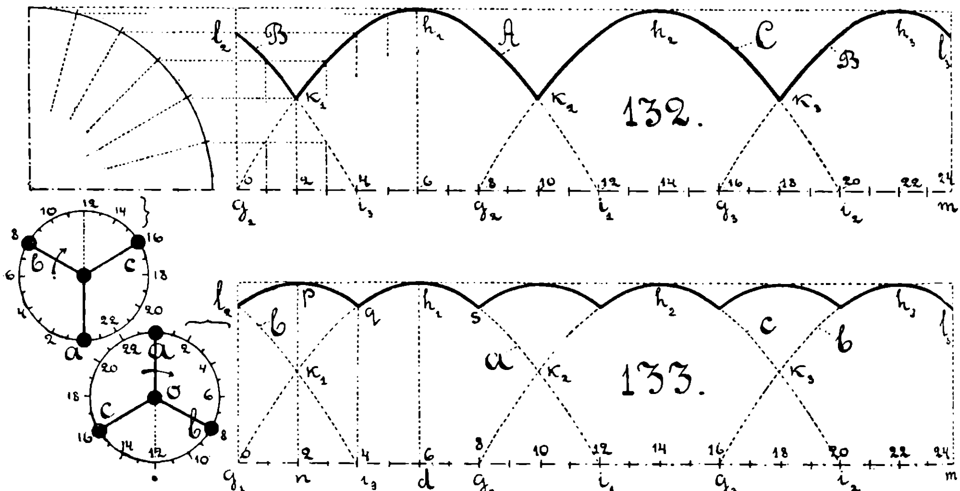
поршней и цилиндра. Должны бы, слѣдовательно, существовать какія-нибудь особыя достоинства всего этого сложнаго устройства, чтобы оно могло имѣть право на существованіе и распространеніе.

Если бы эти особыя достоинства существовали на самомъ дѣлѣ, мы непремѣнно обнаружили бы ихъ при разсмотрѣніи графика скоростей для этого насоса.

Такой графикъ строимъ на общихъ основаніяхъ, указанныхъ въ § 12 (см. фиг. 16). Колѣна *a*, *b* и *c* — подъ угломъ въ 120^0 одно къ другому. Чтобы удобнѣе было изучать и строить графикъ (**фиг. 132**), будемъ предполагать и здѣсь, что колѣно *a* и поршень *A* находятся въ своихъ крайнихъ нижнихъ положеніяхъ.

Длину $g_1 m$ основанія графика беремъ пропорціональной длинѣ окружности, описываемой каждымъ изъ колѣнъ вала, и дѣлимъ ту и другую длину на 24 равныя части, отмѣченныя на чертежѣ соотвѣтственными цифрами.

На графикѣ фиг. 132 строимъ обычнымъ путемъ кривыя измѣненія скоростей во время *восходящаго* движенія каждаго изъ поршней, такъ какъ только при такомъ именно движеніи и можетъ совершать работу каждый изъ проходныхъ поршней.



Для колѣна *a* и верхняго поршня *A* графикъ скоростей представится кривою $g_1 h_1 i_1$, которая занимаетъ первыя *12* дѣленій основанія $g_1 m$. Во время подъема колѣна *a* при вращеніи вала по направленію движенія часовой стрѣлки, колѣну *b* остается дойти до его мертваго положенія еще *4* дѣленія: соотвѣтственно этому на графикѣ на протяженіи *4* дѣленій получимъ кривую $l_2 k_1 i_3$. Чрезъ *12* дѣленій отъ точки i_3, т. е. съ *16-го* дѣленія на линіи $g_1 m$, начнется восходящее движеніе колѣна *b* и средняго поршня *B*; соотвѣтственно этому на графикѣ получимъ кривую $g_3 k_3 h_3 l_3$, которая засѣчетъ на послѣдней ординатѣ графика длину $l_3 m = g_1 l_2$. Колѣно *c* отстаетъ отъ колѣна *a* на *8* дѣленій, поэтому на графикѣ его кривая начнется съ дѣленія *8-го* и кончится

20-мъ, т. е. это будетъ кривая $g_2k_2h_2i_2$, показывающая законъ измѣненія скоростей нижняго поршня *C* при его восходящемъ движеніи.

Разсматривая кривыя графика фиг. 132, обнаруживаемъ слѣдующее:

Интервалль *0 — 2* на линіи g_1m: поршни ***A*** и ***B*** перемѣщаются оба снизу вверхъ, но скорость у поршня ***B*** болѣе, чѣмъ у поршня *A*, стало быть въ это время поршень ***B*** нагнетаетъ воду сквозь поршень *A*, который въ это время не работаетъ вовсе, идетъ кверху порожнемъ.

Интервалль *2—4*: поршни *A* и ***B*** продолжаютъ подниматься, но на этотъ разъ ***A*** поднимается быстрѣе *B*, поэтому въ этотъ періодъ нагнетаетъ только поршень ***A***, тогда какъ поршень ***B*** идетъ кверху порожнемъ.

Интервалль *4—8*: поднимается только поршень *A*, онъ же одинъ и нагнетаетъ.

Интервалль *8 — 10*: кверху идутъ поршни ***A*** и *C*, 1-й быстрѣе второго; слѣдовательно, въ этотъ періодъ нагнетаетъ только поршень *A*, поршень же *C* идетъ кверху пока еще порожнемъ.

Интервалль *10 — 12*: поднимаются поршни *A* и *C*, 2-й быстрѣе 1-го; въ этотъ періодъ нагнетаетъ одинъ только поршень *C* сквозь *B* и *A*, послѣдній же докапчиваетъ свой ходъ порожнемъ.

Мы разсмотрѣли 5 періодовъ, составляющихъ полное время подъема одного изъ поршней, а именно поршня *A*, и обнаружили, что два періода, начальный и конечный, онъ не работаетъ вовсе; рабочій періодъ поршня ***A*** ограничивается интерваломъ 2 — 10; на этомъ протяженіи дугу $k_1h_1k_2$ отмѣчаемъ толстою линіею.

Совершенно подобное же разсмотрѣніе кривыхъ графика мы сдѣлали бы и для каждаго изъ двухъ другихъ поршней, находящихся въ совершенно аналогичныхъ условіяхъ съ поршнемъ *A*, обнаруживши при этомъ, что поршень *C* ведетъ нагнетаніе въ интервалѣ *10 — 18*, совершенно равнымъ по своей продолжительности интервалу *2—10*, и что поршень ***B*** нагнетаетъ въ интервалѣ *18—24—2*, соотвѣтствующемъ также *8* дѣленіямъ по окружности.

Оказывается, слѣдовательно, что въ этомъ насосѣ каждый изъ поршней нагнетаетъ только одну треть полнаго оборота вала, а самъ поршень въ это время дѣлаетъ перемѣщеніе въ цилиндрѣ, равное проекціи дуги 2 — 10, т. е. $S . Cos\ 30^o$, или $0{,}866 . S$ вмѣсто $2\ S$, такъ что всѣ 3 поршня за цѣлый оборотъ вала подадутъ объемъ, равный только

$$3.\ 0{,}866 . S . F,\ \text{или}\ 2{,}598 . S . F.$$

Полученный результатъ показываетъ, что почти не стоило и хлопотать съ присоединеніемъ къ насосу третьяго поршня, когда подобный же насосъ съ 2 проходными поршнями подавалъ за *1* оборотъ уже $2\ F . S$.

Далѣе графикъ фиг. 132 показываетъ, что при работѣ такого насоса *max* скорости въ подъемной трубѣ будетъ у него всего только 3 раза за 1 оборотъ вала, тогда какъ ранѣе мы имѣли уже насосы

двойного дѣйствія, работающіе гораздо равномѣрнѣе этого, а именно съ *max* скорости, повторяющимся 4 раза за время *1* оборота вала (см. §§ 44 и 63 и графикъ фиг. 54).

Все вышесказанное приводитъ къ заключенію, что насосъ системы *Leroux* практическаго значенія имѣть не можетъ. Я бы сказалъ болѣе: ему даже не мѣсто быть на виду въ собраніи школьныхъ кинематическихъ моделей, чтобы не давать повода запечатлѣваться въ памяти студентовъ подобнымъ нелѣпымъ конструктивнымъ комбинаціямъ, допущеннымъ въ частяхъ его шатуннаго механизма.

Единственная принципіально цѣнная особенность подобнаго устройства заключается въ томъ, что при дѣйствіи насоса чрезъ его длинный цилиндръ совершается непрерывный протокъ жидкости, и такимъ образомъ значеніе инерціоннаго дѣйствія массы жидкости, приводимой въ движеніе, можетъ быть понижено.

Но пріоритетъ въ удачномъ практическомъ примѣненіи этой идеи слѣдуетъ отдать англійскому заводу *Hathorn, Davey & C°* въ Лидсѣ. Въ 1885 г. на водопроводѣ въ *Bradford* былъ поставленъ этой фирмою насосъ съ тремя одинаковыми вертикальными цилиндрами; 3 проходные поршня, работавшіе въ нихъ, получали движеніе отъ общаго трехколѣнчатаго вала; вода, прошедшая 1-й цилиндръ, поступала подъ поршень 2-го цилиндра, а оттуда — подъ поршень 3-го цилиндра; при этомъ также получался непрерывный потокъ воды чрезъ всѣ 3 цилиндра, поддерживаемый послѣдовательными воздѣйствіями на движущуюся массу воды со стороны то одного поршня, то другого, то третьяго. Очевидно, что насосъ *Leroux* представляетъ собою не болѣе, какъ неудачное конструктивное видоизмѣненіе этой системы. Діаметръ цилиндровъ у Брадфордскаго насоса былъ въ 10 дм., общій ходъ поршней 12 дм. (см. *Engineering*, 1886, *july* 2, *pg.* 9).

67. **Раціональный графикъ насосовъ тройного дѣйствія.** Всѣ неудачныя свойства только что описаннаго здѣсь насоса *Leroux* явились у него, какъ необходимое и естественное послѣдствіе желанія конструктора заставить всѣ 3 поршня работать *въ одномъ и томъ же цилиндрѣ* и сообщать имъ движеніе отъ обыкновеннаго шатуннаго механизма. Стоитъ только исключить 1-е изъ этихъ условій, т. е. заставить каждый изъ поршней работать въ своемъ, отдѣльномъ отъ другихъ, цилиндрѣ, какъ мы переходимъ къ наиболѣе простой и естественной комбинаціи трехъ однодѣйствующихъ насосовъ, получающихъ воду изъ общей всасывающей магистрали и питающихъ общую нагнетательную магистраль. Располагая и въ этомъ случаѣ кривошипы у вала подъ угломъ 120° одинъ къ другому, получимъ для такой комбинаціи вполнѣ *раціональный графикъ скоростей.*

Видъ раціональнаго графика не зависитъ отъ того, комбинируются-ли въ одно цѣлое 3 скальчатыхъ насоса, или же 3 насоса съ проходными поршнями.

На **фиг. 133** графикъ построенъ для комбинаціи трехъ скальчатыхъ насосовъ: колѣно a занимаетъ самое высшее свое положеніе, и при вращеніи вала по направленію часовой стрѣлки плунжеръ, получающій движеніе отъ этого колѣна, начнетъ совершать работу нагнетанія; графикъ скоростей для него будетъ кривая $g_1h_1i_1$, занимающая собою *12* первыхъ дѣленій на основаніи g_1m общаго графика; колѣно b, идущее передъ a на 8 дѣленій впереди, дастъ на графикѣ кривыя l_2i_3 и g_3l_3; наконецъ колѣно c, отстающее отъ a на *8* дѣленій, дастъ на графикѣ кривую $g_2h_2i_2$. Вода изъ рабочихъ камеръ всѣхъ 3 насосовъ будетъ поступать въ общую магистраль, и на интерваллахъ *0—4*, *8—12*, *16—20* скорости, выражаемыя ординатами отдѣльныхъ кривыхъ графика, надо будетъ суммировать. При этомъ *max* суммы ординатъ будетъ, очевидно, полученъ надъ дѣленіями графика 2-мъ, 10-мъ и 18-мъ. Сумма ординатъ будетъ:

$$np = 2 \,.\, nk_1 = 2 \,.\, ao \,.\, Sin\ 30^0 = ao = h_1d,$$

т. е. *въ раціональномъ насосѣ тройного дѣйствія* **max** *скорости въ магистрали имѣетъ мѣсто* **шесть** *разъ за время* **1** *оборота вала, всѣ шесть максимальныхъ скоростей* **равны** *между собою и одинаковы съ тою максимальной скоростью, которую мы имѣли у насоса двойного дѣйствія*, работающаго по обыкновенному графику (фиг. 18).

Слѣдовательно, *у раціональнаго насоса тройного дѣйствія величину діаметра магистрали возможно имѣть не больше той, которая назначается для насоса двойного дѣйствія и простого,* хотя объемное количество перекачиваемой жидкости во всѣхъ этихъ трехъ случаяхъ различно, и величины его относятся какъ *3 : 2 : 1*.

Площадь, ограниченная кривою графика на фиг. 133, очевидно, равна $3F\,.\,S$, такъ какъ ординаты ея получены суммированіемъ ординатъ трехъ графиковъ для однодѣйствующихъ насосовъ съ площадью $F.S$ у каждаго. Если на линіи g_1m (фиг. 133) будетъ построена площадь прямоугольника съ высотою y, равновеликаго съ площадью графика, тогда будемъ имѣть:

$$y.\,2\pi.r = 3F.S = 3\,F.2r, \text{ откуда } y = \frac{3\,F}{\pi},$$

$$\text{поэтому } \frac{np}{y} = F : \frac{3F}{\pi} = \frac{\pi}{3} = 1{,}047 \ldots\ldots\ \mathbf{32},$$

т. е. *въ насосѣ тройного дѣйствія, раціонально построенномъ, разница между максимальной скоростью движенія воды въ магистрали и между средней скоростью достигаетъ только 4,7⁰/₀*.

Сравнивая этотъ результатъ съ ф-лою **19** (см. § 14), видимъ, что раціональные насосы тройного дѣйствія, въ смыслѣ равномѣрности подачи жидкости, превосходятъ лучшіе изъ насосовъ двойного дѣйствія (III-й группы). Это свойство дѣлаетъ ихъ особенно пригодными для комбинированія ихъ съ новѣйшими типами быстроходныхъ двигателей— электрическихъ, паровыхъ, керосиновыхъ и др. Насосамъ двойного дѣй-

ствія III-й группы оказывается насосами тройного дѣйствія настолько сильная конкуренція, что въ большинствѣ новѣйшихъ болѣе или менѣе крупныхъ насосныхъ установокъ встрѣчаемъ всюду именно насосы тройного дѣйствія, построенные по графику фиг. 133.

На основаніи ф-лы **32** можно сказать, что раціональные насосы тройного дѣйствія являются наиболѣе приспособленными къ работѣ съ повышенными скоростями изъ всѣхъ до сихъ поръ разсмотрѣнныхъ, не требуя для этого воздушныхъ колпаковъ большого размѣра. Американскіе заводы иногда строятъ такіе насосы даже вовсе безъ воздушныхъ колпаковъ на магистрали, довольствуясь таковыми очень небольшихъ размѣровъ только надъ каждымъ изъ нагнетательныхъ клапановъ.

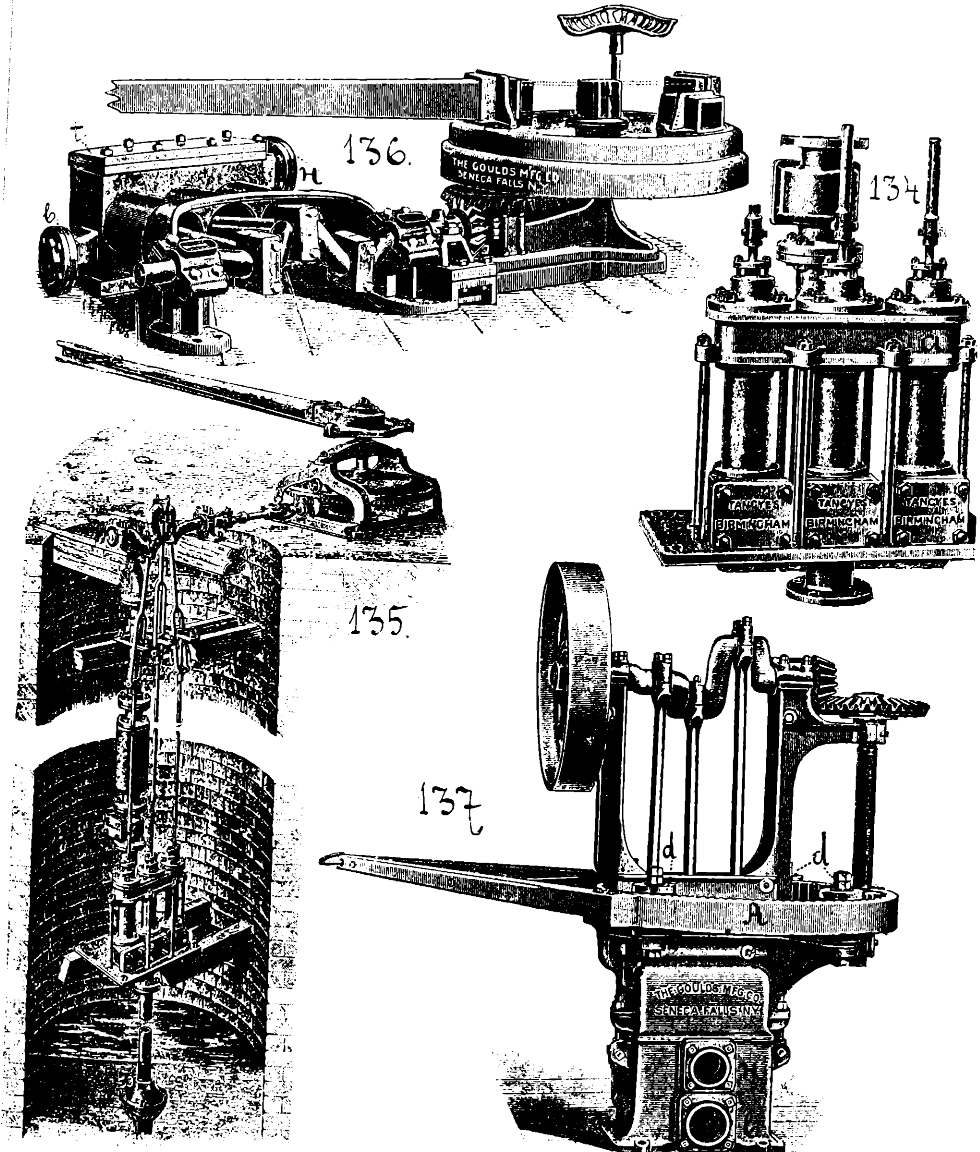
68. **Конструкція насосовъ тройного дѣйствія, работающихъ по раціональному графику,** можетъ быть весьма разнообразной. Какъ было упомянуто выше, такіе насосы могутъ строиться и съ проходными поршнями (для низкихъ и умѣренныхъ напоровъ), и съ плунжерами (для высокихъ напоровъ). Дальнѣйшее разнообразіе вносится въ конструкцію въ зависимости отъ постановки фабрикаціи ихъ массовымъ способомъ и отъ способа приведенія ихъ въ движеніе—отъ руки, отъ коннаго привода, отъ фабричнаго приводнаго вала, отъ парового двигателя, керосиноваго, электромотора и т. д. Постройка насосовъ тройного дѣйствія въ Англіи началась еще въ 60-хъ годахъ (см. *The Engineer, june* 11, pg. 599).

На табл. 64 въ моемъ ***Атл. насос.*** данъ конструктивный чертежъ насоса тройного дѣйствія безъ клапановъ, исполняемый зав. *бр.* ***Бромлей*** въ Москвѣ. Насосъ полученъ комбинированіемъ 3 насосовъ простого дѣйствія, построенныхъ по схемѣ фиг. 19 (см. § 30). Объ условіяхъ работы подобнаго насоса и о неудобствахъ, возникающихъ при изнашиваніи его частей, подробно говорено было выше, въ § 30.

На **фиг. 134** и **135** дано изображеніе колодезнаго насоса тройного дѣйствія и расположеніе передачи къ нему отъ коннаго привода. Это —типъ насоса, выработанный англійскимъ зав. *Tangyes L-d*, отлично приспособленный къ массовой фабрикаціи. Сравнивая фиг. 134—135 съ фиг. 85—86, видимъ, что въ насосахъ двойного и тройного дѣйствія заводъ комбинируетъ одни и тѣ же цилиндры и поршни, однѣ и тѣ же клапанныя коробки и клапаны, мѣняются же каждый разъ головки *a* и основныя плиты *s*. Діаметръ насосовъ выполняется равнымъ 2, $2^1/_2$, 3, $3^1/_2$ и 4 дм. при размахѣ поршней въ 12 дм.

На **фиг. 136** имѣемъ изображеніе насоса тройного дѣйствія съ горизонтальными цилиндрами, и на **фиг. 137** — съ вертикальными цилиндрами. Это — типы американскаго завода *Goulds*. Цилиндры насоса отлиты всѣ 3 въ одномъ цѣломъ между собою и съ рамой, дающей опору трехколѣнчатому валу; плунжеры полые, хорошо направляемые длинными сальниками; головки шатуновъ хватаются прямо за шарнирные болты, продѣтые сквозь ушки на днѣ плунжеровъ. Въ конструкціи на фиг. 136 клапанныя коробки и цилиндры отлиты въ одномъ цѣ-

ломъ, а на фиг. 137 они свинчены; въ 1-мъ случаѣ для осмотра клапановъ достаточно отнять крышку *t*, а во 2-мъ случаѣ приходится снимать всѣ цилиндры и передачу; *b* — всасывающая труба, *n* — нагнетательная. Зубчатое колесо *A* въ насосѣ фиг. 137 все состоитъ лишь изъ одного зубчатаго вѣнца съ внутренними зубьями: этотъ вѣнецъ направляется въ своемъ движеніи 4-мя роликами *d.d* съ 2 закраинами

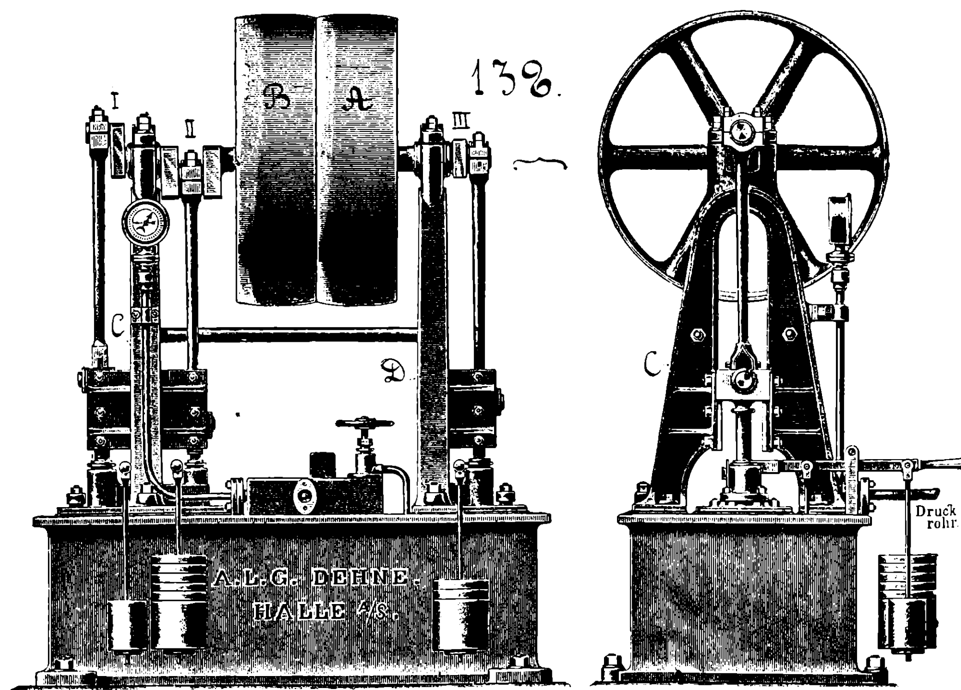


у каждаго, такъ что ни опуститься отъ дѣйствія силы тяжести, ни приподняться отъ дѣйствія лошади на водило этотъ вѣнецъ не можетъ: этими же роликами регулируется и правильность зацѣпленія у вѣнца съ шестерней. Передаточное число въ обѣихъ зубчатыхъ передачахъ этого привода достигаетъ *14*.

Насосы по фиг. 136 строятся съ діам. плунжеровъ *6* дм. Въ случаѣ одноконнаго привода размахъ плунжеровъ дѣлается $=4$ дм., а при двухконномъ приводѣ $S=6$ дм. Число оборотовъ колѣнчатаго вала въ мин. назначается отъ 35 до 50, такъ что наибольшая средняя скорость поршня здѣсь будетъ 10 дм. (0,25 мт.) въ сек.

Насосы по фиг. 137 строятся съ діам. плунжеровъ 4 дм. и ходомъ ихъ 8 дм. При 56 оборотахъ колѣнчатаго вала въ мин. насосы работаютъ со скоростью 15 дм. (0,37 мт.) въ сек. Ходовое колесо имѣетъ здѣсь діам. 43 дм. (1,1 мт.); длина водила, считая ее отъ оси вращенія колеса A, $=10$ фут. (3,05 мт.).

На **фиг. 138** — изображеніе приводнаго насоса тройного дѣйствія для питанія гидравлическаго пресса или аккумулятора. Это — типъ саксонскаго завода *Dehne*, хорошо разработанный для массовой фабрикаціи. Всѣ цилиндры льются отдѣльно по одной и той же модели, рамы *C* и *D*—также; параллели, ползуны, шатуны, рычаги предохранительныхъ клапановъ и др., все это — повторныя части. Колѣнчатый валъ куется вмѣстѣ съ обоими кривошипами I и III. Колѣна I и II нагружаютъ главнымъ образомъ раму *C*, а колѣно III—раму *D*; на нее же во время работы насоса передается нагрузка и отъ коренного шкива *A*, который ставится возможно ближе къ рамѣ *D*. Такого типа насосы заводъ исполняетъ для работы при давленіи до 300 атм.



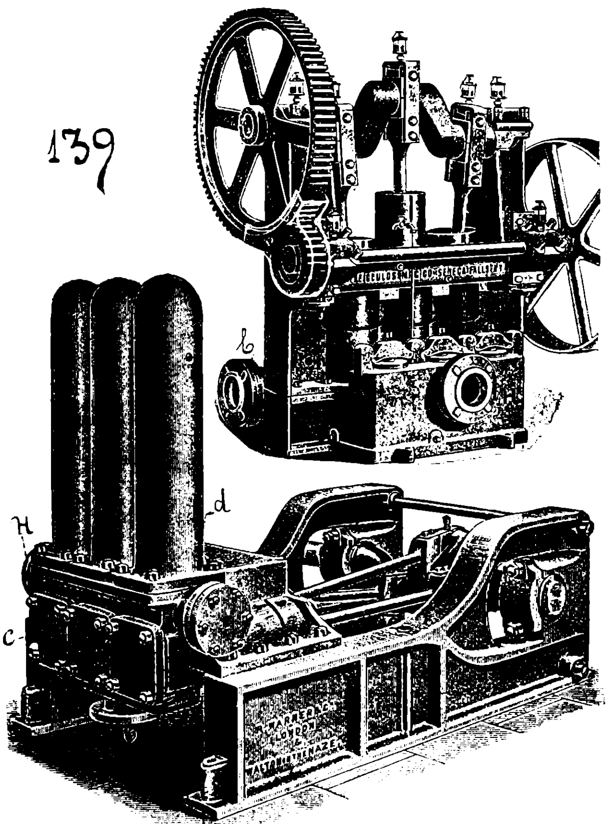
Въ Англіи подобнаго типа насосы тройного дѣйствія строились еще въ началѣ 70-хъ годовъ. Въ журн. *Engineering*, 1875, *apr.* 23, на стр. 338 можно найти изображеніе такого насоса, построеннаго извѣстнымъ заводомъ *Fielding & Platt* въ *Gloucester* для питанія клепальной

машины *Tweddell*, работающей при давленіи отъ 90 до 135 атм.; діам. насосныхъ плунжеровъ $1\frac{1}{2}$ дм., ходъ ихъ 4 дм.; діаметръ шкива 3 ф. 6 д., ширина обода у него 6 дм.

Въ 1898 г. извѣстный англійскій заводъ *Easton, Anderson & Goulden L-d* (въ *Erith*) исполнилъ для *Tasmania Gold Mining Co* колоссальную установку насосовъ тройного дѣйствія съ непосредственной передачей къ насосамъ отъ паровой машины съ тройнымъ расширеніемъ пара. Діам. паровыхъ цилиндровъ 25, 40 и 69 дюйм., ходъ поршней 42 дм. Оси цилиндровъ—вертикальны. Давленіе пара 170 фунтовъ на кв. дм. Интересующіеся этой установкой найдутъ изображеніе ея въ журналѣ *The Engineer*, 1898, стр. 399 и 641.

Цѣлый рядъ установокъ насосовъ тройного дѣйствія, работающихъ на различныхъ нѣмецкихъ городскихъ водокачкахъ съ газовыми, бензиновыми и керосиновыми двигателями, интересующіеся этимъ вопросомъ найдутъ въ *Журн. общ. нѣм. инж.* за 1895 и 96 гг. Ходовыя скорости поршня въ нихъ 0,75 — 1,0 мт. въ сек., при $n = 75 — 100$. Примѣненіе насосовъ тройного дѣйствія въ этой области началось въ Германіи съ 1892 г.

Въ послѣднее время явилось стремленіе замѣнять въ приводныхъ насосахъ тройного дѣйствія колѣнчатый валъ прямымъ—съ двумя кривошипами на концахъ и съ эксцентрикомъ вмѣсто средняго колѣна. Рабочія поверхности у хомута и эксцентрика снабжаются смѣнными закаленными полукольцами, между которыми заправляется система стальныхъ шаровъ. Массовой фабрикаціей такихъ эксцентриковъ на шарикахъ занимается вестфальскій зав. *Hanner & Co.* (въ *Duisburg*).

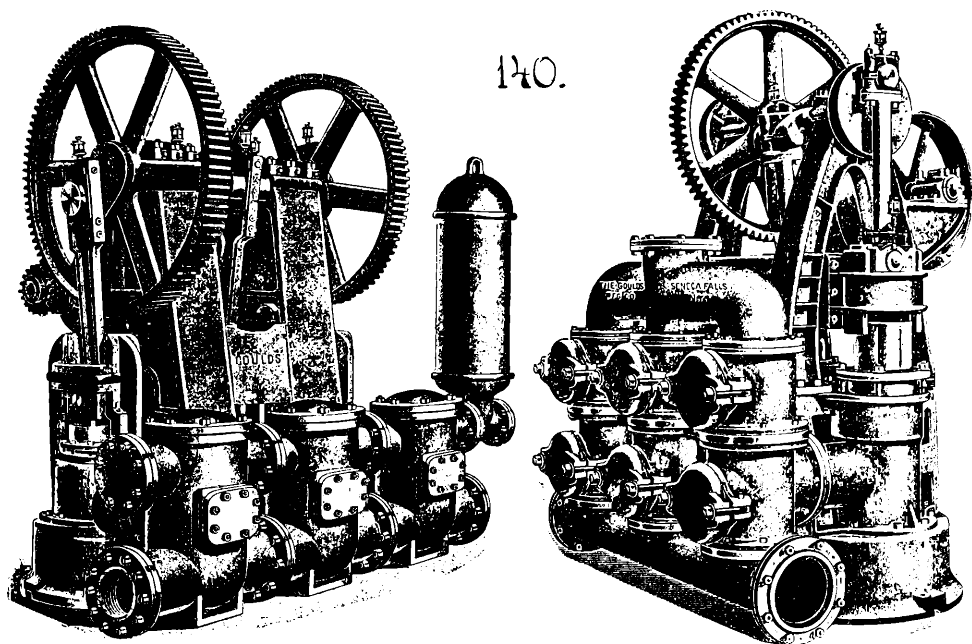


На **фиг. 139** изображены 2 типа приводныхъ насосовъ тройного дѣйствія. Верхній изъ нихъ—американскаго зав. *Goulds*, съ зубчатой и ременной передачей, съ вертикальными цилиндрами; *b*—всасывающая труба, *н*—нагнетательная; осмотръ клапановъ, какъ видно по эскизу, можетъ быть сдѣланъ здѣсь чрезвычайно быстро. Нижнее изоб-

раженіе дастъ понятіе объ устройствѣ насосовъ англійскаго зав. *Warner & Co.;* для осмотра всасывающихъ клапановъ здѣсь отнимаются 3 заднія крышки *c*, а для осмотра нагнетательныхъ клапановъ — 3 колпака *d*, объемъ которыхъ, кстати сказать, здѣсь излишне развитъ; нагнетательной трубы *n* отнимать при этомъ не приходится.

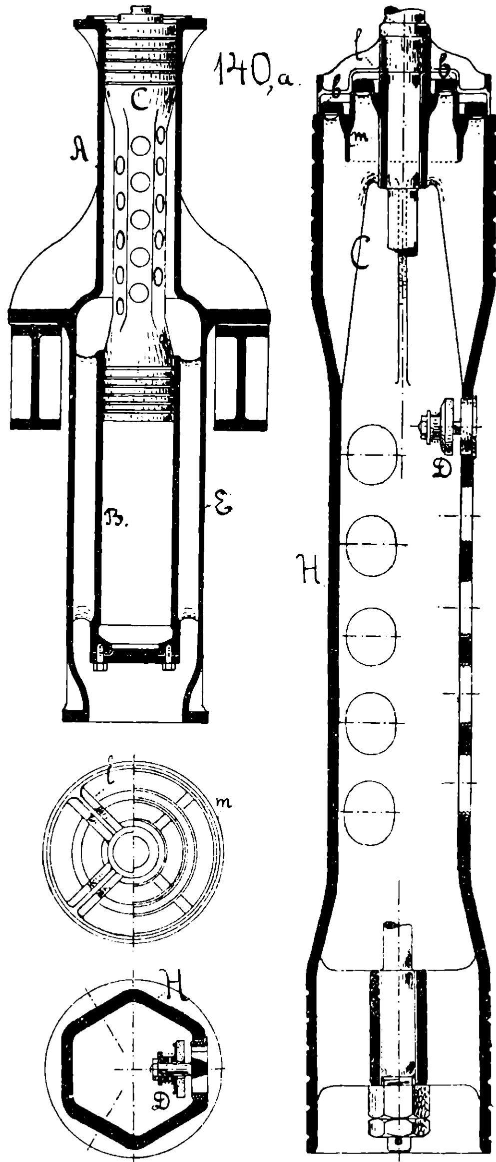
Приводные насосы типа фиг. 139 строятся съ діам. плунжера $1^1/_4$, $1^3/_4$, 2, $2^1/_2$, 3, 4, 5, $6^1/_2$, 8 и 9 дм., размахъ его бываетъ = 2, 3, 4, 6, 8 и 10 дм. при отношеніи $S:D =$ отъ 1 до $1^1/_2$. Передаточное число у зубчатыхъ колесъ дѣлается 5 : 1 или 6 : 1, смотря по высотѣ напора, которая при этихъ насосахъ можетъ достигать 1150 фут. (350 мт.). Нормальная подача воды насосомъ разсчитывается этими заводами при очень умѣренной скорости плунжера отъ 7 до 13 дм. (0,18 — 0,33 мт.) въ сек. при $n = 40 — 50$, хотя ничто не мѣшаетъ увеличить скорость работы насосовъ этой системы раза въ $1^1/_2$ и даже 2 противъ вышеуказанной; чрезъ это получается весьма долговѣчное устройство съ большой растяжимостью относительно количества подаваемой имъ воды.

На **фиг. 140** показаны 2 типа насосовъ тройного дѣйствія для городскихъ и заводскихъ водокачекъ съ большими площадями прохода въ клапанныхъ коробкахъ. Оба типа хорошо приспособлены для изготовленія ихъ массовымъ способомъ: въ лѣвомъ типѣ у каждаго изъ на-



сосовъ всасывающій и нагнетательный клапаны помѣщены въ одной общей коробкѣ, но она повторяется во всемъ устройствѣ 3 раза, а въ правомъ типѣ—и всасывающій клапанъ и нагнетательный при каждомъ насосѣ расположены въ отдѣльныхъ коробкахъ, свинченныхъ между собою: доступъ ко всѣмъ клапанамъ совершенно свободный, для осмотра

ихъ не нужно разнимать соединеній у трубъ. Въ такихъ крупныхъ установкахъ между шатуномъ и его плунжеромъ всегда вводится также и ползунъ; конструкція послѣдняго и параллелей таковы, что при выниманіи плунжера изъ цилиндра нѣтъ надобности отнимать параллели отъ рамы; для этого достаточно разобрать только одну верхнюю головку шатуна. Трехколѣнчатаго вала въ такихъ насосахъ не ставится, а употребляется валъ одноколѣнчатый, на концахъ котораго за опорами вмѣсто кривошиповъ ставятся или диски чугунные съ пальцами, или же зубчатыя колеса; одна изъ спицъ у каждаго изъ нихъ играетъ въ такомъ случаѣ роль кривошипа.



Такіе насосы строятся съ діам. плунжера въ $8^1/_2$, 10, 11 и 12 дм. при общемъ во всѣхъ случаяхъ размахѣ въ 12 дм. Насосы разсчитываются для работы при напорахъ до 350 фут. (болѣе 100 мт.); при n = отъ 25 до 50 средняя скорость работы плунжеровъ получается отъ 10 до 20 дм. (0,25—0,5 мт.) въ сек.

Въ 1898 г. на водокачкѣ гор. ***Brighton*** были поставлены насосы тройного дѣйствія системы ***Ashley*** *), которой нельзя отказать въ своего рода оригинальности. Конструктивная схема одного изъ цилиндровъ этого насоса съ его поршнемъ и друг. деталями показана на **фиг. 140,а.** Конструкторъ задался мыслію скомбинировать проходной поршень и всасывающіе клапаны на одной общей детали такой формы, при которой извлеченіе этой детали изъ насоснаго цилиндра и скважины не представляло бы никакихъ затрудненій. Задача эта разрѣшена весьма просто и остроумно: ***A*** и ***B***—двѣ части одного и того же цилиндра;

---

*) *Engineering*, 1899, *febr*. 3. *pg*. 140. Насосы этого типа строитъ зав. *Glenfield Co., at Kilmarnock*.

нижняя изъ нихъ снабжена привертнымъ дномъ, а къ верхней части присоединяется на флянцѣ нагнетательная труба; поршень *C* снабженъ двумя цилиндрическими наконечниками, между которыми расположена шестигранная часть *H*, несущая на себѣ ввертные всасывающіе клапаны; надъ поршнемъ поставлены 2 кольцевыхъ клапана *b*, которые направляются въ своемъ движеніи и ограничиваются въ размахѣ рѣшеткою *l*.

Дѣйствіе насоса *Ashley* таково: при подъемѣ поршня *C* происходитъ нагнетаніе жидкости въ подъемной трубѣ и забираніе ея въ цилиндръ *B*; въ это время клапаны *D* открыты, а *b* закрыты; при опусканіи поршня клапаны *b* будутъ открыты, а *D* закрыты, произойдетъ погруженіе поршня въ цилиндръ *B*, прохожденіе воды чрезъ клапаны *b* и нагнетаніе ея въ количествѣ, соотвѣтствующемъ діаметру штанги надъ поршнемъ. Такимъ образомъ штанги будутъ работать здѣсь главнымъ образомъ на растяженіе.

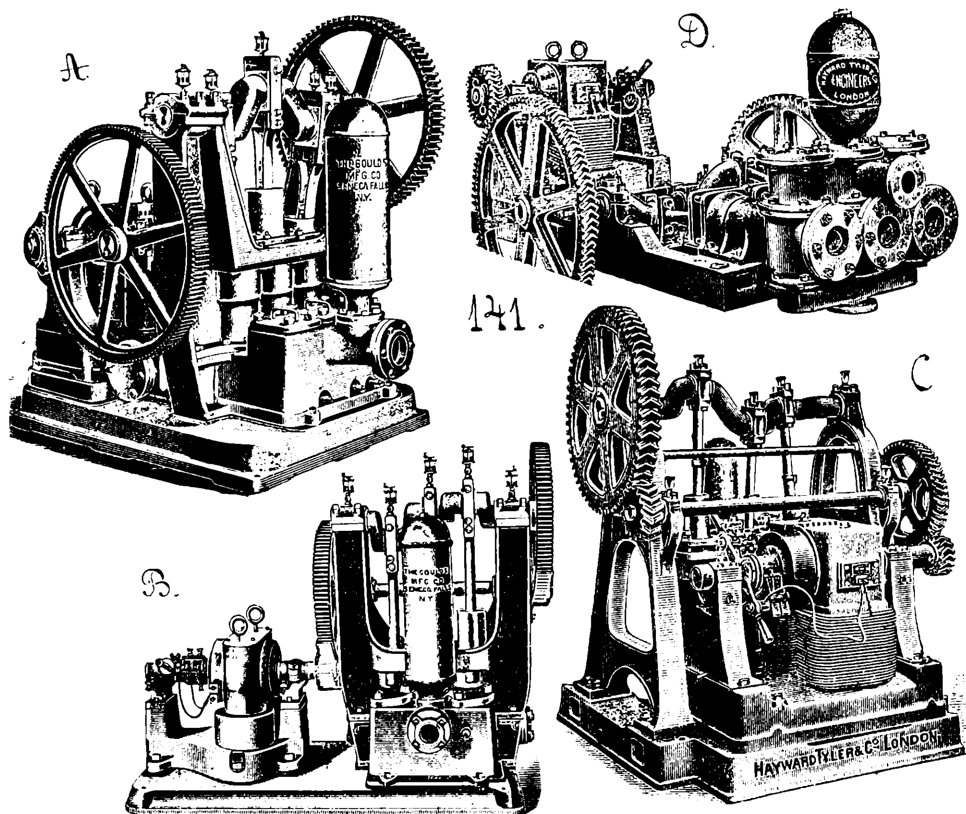
У насоса на водокачкѣ въ *Brighton* размѣры и условія работы были слѣдующія: подача 500,000 галлоновъ (около 185,000 вед.) въ 24 часа. $D = 8$ дм., $S = 24$ дм., $n = 28$ обор., $c = 1,87$ фут. (0,57 мт.) въ сек. Длина поршня $C = 37^1/_2$ дм. (0,95 мт.), цилиндрическіе наконечники его длиною по 8 дм. Клапановъ *D* — 15 штукъ, діам. ихъ 2 дм. Толщина стѣнки у поршня $^9/_{16}$ дм. (15 мм.), а у цилиндра $^7/_8$ дм. (22 мм.). Рабочій напоръ 230 фут. При испытаніи насоса число оборотовъ повышали до 36 въ мин., и насосъ продолжалъ работать плавно. Примѣненіе насоса подобной системы, безъ сомнѣнія, возможно и при малыхъ размѣрахъ буровыхъ скважинъ, тогда только не слѣдуетъ выполнять части *E* цилиндра. Клапаны *D* съ пружинами по желанію могутъ быть поставлены какіе угодно.

69. **Насосы тройного дѣйствія съ электрической передачей** особенно быстро распространились въ послѣднія 5 — 6 лѣтъ, какъ въ заводскомъ и шахтномъ дѣлѣ, такъ и внѣ фабрикъ и заводовъ—при большихъ отеляхъ и частныхъ домахъ. Въ различныхъ установкахъ встрѣчаются разнообразные типы электромоторовъ, но изъ нихъ требуютъ за собою меньшаго ухода моторы съ многофазнымъ токомъ, не имѣющіе при себѣ ни щетокъ, ни коммутаторовъ.

Отъ мотора къ насосу дѣлаются обыкновенно двѣ зубчатыя передачи. Разными заводами примѣняются для этого различныя колеса: встрѣчаются передачи съ колесами чугунными, изъ фосфористой бронзы, и съ зубцами изъ прессованной кожи. Но употребленіе послѣднихъ въ передачахъ къ насосамъ, благодаря изобилію влаги, хорошихъ результатовъ не даетъ. Первая отъ электромотора пара зубчатыхъ колесъ дѣлается всегда съ небольшимъ передаточнымъ числомъ (отъ 2 : 1 до 3,5 : 1) и выполняется нерѣдко изъ бронзы, а большее изъ передаточныхъ чиселъ (отъ 4 : 1 до 6 : 1) назначается во 2-й отъ мотора передачѣ, и колеса ея дѣлаются обыкновенно чугунными. Число зубцовъ у шестерень дѣлается здѣсь обыкновенно не менѣе 20 и не болѣе 24. При выборѣ циклическихъ профилей у зубцовъ заботятся о томъ, чтобы въ зацѣпле-

нія всегда было не менѣе 2 паръ зубцовъ въ каждой передачѣ. Это достигается отчасти также и употребленіемъ колесъ съ болѣе тонкими и длинными зубцами; отношеніе длины зуба къ его толщинѣ встрѣчается въ такихъ передачахъ до 15.

Колеса съ шевронными зубцами формуются непремѣнно на машинахъ, и ***двойная*** передача изъ такихъ колесъ можетъ дать коэффиціентъ полезнаго дѣйствія отъ 0,7 до 0,75, а ***одинарная*** передача — отъ 0,85 до 0,9. Колеса съ прямыми зубцами ставятся въ передачу обязательно съ обработанными на машинѣ зубцами, строгаными или фрезованными.



Въ ***двойной*** передачѣ возможно въ такомъ случаѣ полученіе коэффиціента полезнаго дѣйствія до 0,9, а въ ***одинарной*** — до 0,97. Въ недалекомъ будущемъ, вѣроятно, перейдутъ въ этомъ случаѣ къ замѣнѣ двойныхъ зубчатыхъ передачъ одной червячной, которая, при раціональномъ пользованіи ею, обладаетъ довольно высокимъ коэффиціентомъ полезнаго дѣйствія, мало отличающимся отъ таковою же въ одинарной цилиндрической передачѣ *).

*) Примѣръ примѣненія въ такихъ случаяхъ червячной передачи можно видѣть въ одной изъ установокъ ньюкэстльскаго завода *Scott* & *Mountain*, описанной въ *Engineering*, 1892, *aug.* 12, *pg* 195: насосы тройного дѣйствія, діам. 9 дм., ходъ 15 дм., число оборотовъ у насоснаго вала въ мин. 30, у вала мотора — 700, число силъ у послѣдняго = 20, средняя скорость работы насосныхъ поршней — 15 дм. (0,38 мт.) въ сек.

Что касается до числа оборотовъ въ мин. у насоснаго вала съ электрической передачей, то здѣсь существуетъ нѣкоторая разница во взглядахъ.

Американскіе и англійскіе заводы назначаютъ и въ этомъ случаѣ то же самое число оборотовъ насоснаго вала, какъ и всегда, т. е. ставятъ насосъ совершенно въ тѣ же условія, въ какихъ онъ работалъ бы, заимствуя силу отъ приводнаго вала, отъ парового двигателя и т. д., а нѣкоторые изъ указанныхъ заводовъ идутъ еще далѣе и заставляютъ «электрическіе насосы» работать со скоростью поршня, даже пониженною противъ обыденныхъ условій, чтобы дать возможность потребителю пользоваться насосами, болѣе сильными, болѣе экономными въ смыслѣ затраты на нихъ работы и болѣе растяжимыми по отношенію къ количеству подаваемой ими воды.

Въ англійскихъ и американскихъ установкахъ встрѣчаются величины $n =$ отъ 20 до 50, соотвѣтственно этому $c =$ отъ 0,1 до 0,35 мт. (отъ 4 до 14 дм.) въ сек.

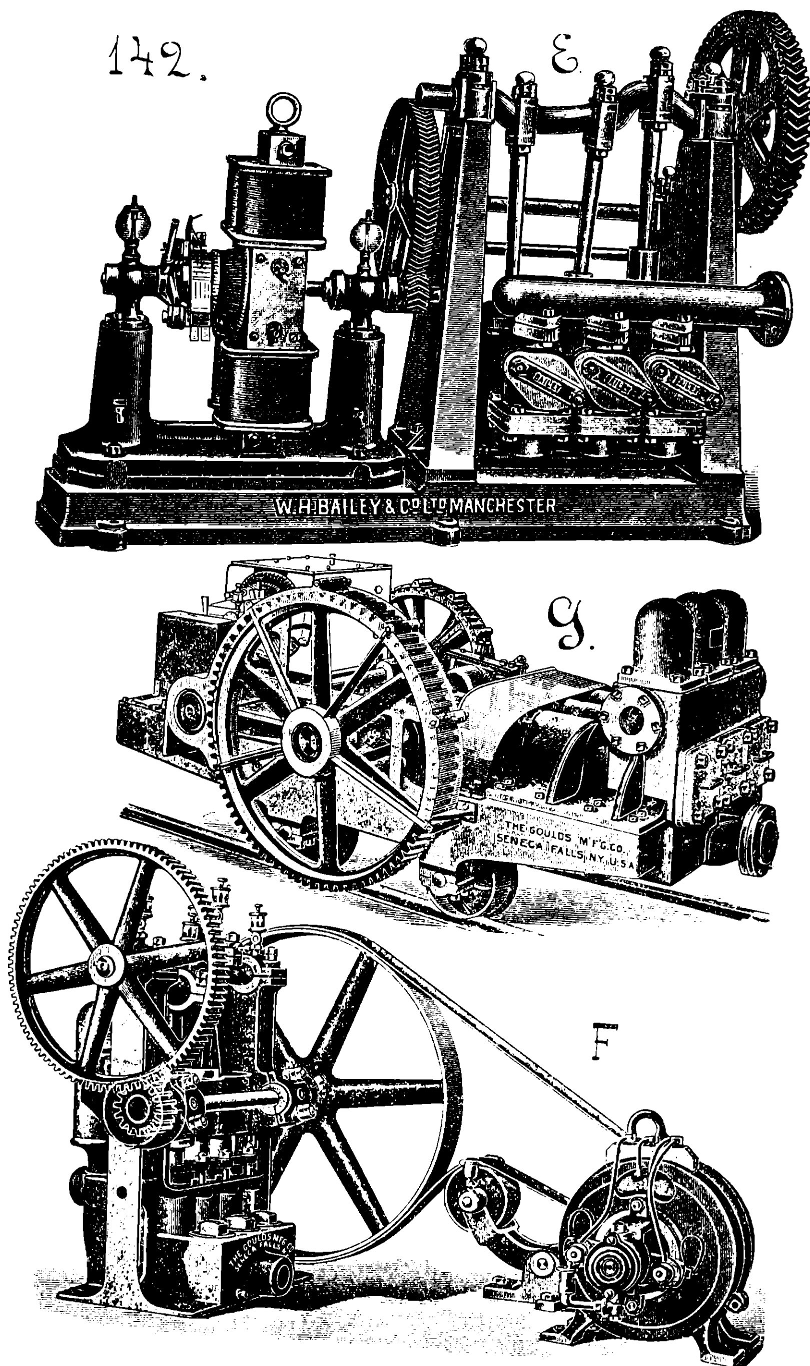
Нѣмецкіе заводы эксплуатируютъ, наоборотъ, болѣе быстроходныя, болѣе легкія и менѣе долговѣчныя устройства. При извѣстныхъ обстоятельствахъ примѣненіе подобнаго принципа имѣетъ за собою также полное основаніе. Въ нѣмецкихъ установкахъ не рѣдко можно встрѣтить такія величины: $n =$ отъ 100 до 150 обор., $c = 05 — 0{,}6$ мт. (20—24 дм.) въ сек.

На **фиг. 141, 142, 143** имѣемъ представленными цѣлый рядъ типовъ для выполненія заводскихъ насосовъ тройного дѣйствія съ электрической передачей—при различномъ расположеніи осей у цилиндровъ, при разномъ устройствѣ рамъ и расположеніи передачъ: на фиг. 141, A и B и фиг. 142, F — типы обыкновенныхъ заводскихъ установокъ завода *Goulds*, а на фиг. 142, G—типъ шахтнаго насоса для работы въ наклонномъ штрекѣ; этотъ послѣдній насосъ работаетъ, будучи подвѣшенъ на канатѣ; при измѣненіи уровня воды насосъ можетъ быть передвигаемъ по рельсамъ и устанавливаемъ въ положеніи, наиболѣе удобномъ и возможномъ для работы; на фиг. 141, C и D даны 2 типа установокъ англійскаго завода *Hayward Tyler & C°*, на фиг. 142, E — типъ установки англійскаго завода *Bailey & C°*, а на фиг. 143 — берлинскаго завода *Carl Hoppe*.

Діаметры заводскихъ насосовъ съ электрической передачей встрѣчаются отъ $1^1/_4$ до 9 дм. при ходѣ поршня отъ 2 до 10 дм.; шахтные же насосы строятся съ ходомъ въ 8 дм. и діаметрами 5, $6^1/_2$ и 8 дм. при $n = 40$.

Примѣненіе насосовъ съ электрической передачей имѣетъ особенно важное значеніе въ шахтномъ дѣлѣ: вся подземная установка при этомъ значительно сокращается въ своихъ размѣрахъ (длина машиннаго помѣщенія уменьшается почти вдвое), проводка свѣжаго пара внутрь шахты отпадаетъ, всѣ затрудненія, связанныя съ охлажденіемъ мятаго пара внутри шахты также отпадаютъ, условія для работы машинистовъ при насосахъ дѣлаются болѣе легкими и гигіеничными. Англій-

скіе, нѣмецкіе и американскіе заводы въ подобныхъ случаяхъ ставятъ чаще всего насосы тройного дѣйствія, или сдвоенные насосы двойного дѣйствія (см. § 74). Въ послѣднихъ нѣмецкихъ шахтныхъ установкахъ

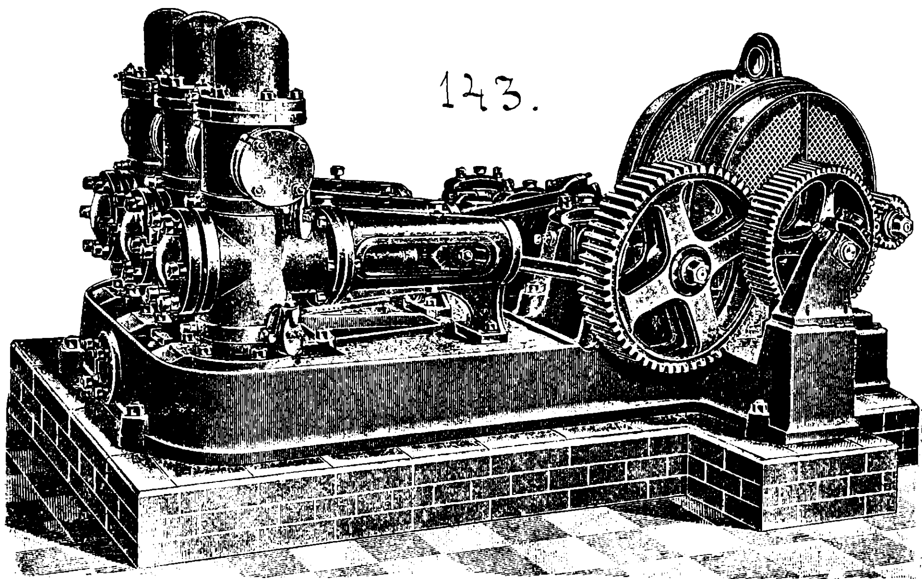


насосовъ съ электрической передачей промежуточныя зубчатыя передачи вовсе выброшены, у насоса и электромотора—общій валъ, который за-

ставляютъ дѣлать въ работѣ на мѣстѣ до 200 обор. въ мин. Передъ этимъ такіе насосы и электромоторы на нѣсколько недѣль ставятся на испытаніе въ механическую лабораторію въ Шарлоттенбургѣ, гдѣ ихъ испытываютъ при числѣ оборотовъ отъ 300 до 340 въ мин. *).

Описаніе и чертежи одной изъ американскихъ электрическихъ шахтныхъ установокъ съ насосами тройного дѣйствія даны въ *Журн. общ. нѣм. инж.* 1893 г., № 33, стр. 996—998; въ *Engineering*, 1887, *nov.* 18, *pg.* 534; въ *Engineering News*, 1895, *oct.* 3, *pg.* 227.

Въ журналѣ *Engineering* (1897 г., *may* 7, стр. 621) помѣщено описаніе оригинально конструированнаго насоса тройного дѣйствія англійскаго завода *Merryweather & Sons L-d* (въ *Greenwich*) съ электрической передачей **). Оси цилиндровъ поставлены одна къ другой подъ угломъ въ 120°; чрезъ точку взаимнаго пересѣченія ихъ прохо-



дитъ геометрическая ось вала, составляющаго непосредственное продолженіе вала электромотора, дѣлающаго до 700 обор. въ мин. Всѣ цилиндры открыты со стороны вала; шатуны шарнирно сочленяются съ поршнями, а съ другой стороны всѣ они хватаются за общее колѣно; всѣ 3 цилиндра соединены между собою общимъ всасывающимъ каналомъ и общимъ нагнетательнымъ. Чтобы начать работу, камеру, гдѣ происходитъ всасываніе, на время сообщаютъ съ нагнетательной, затѣмъ постепенно прикрываютъ кранъ на соединительномъ каналѣ, и работа машины входитъ въ свои нормальныя рамки. Заводъ строитъ эти насосы двухъ серій: *A)* съ постояннымъ числомъ оборотовъ ($n = 200$) и *B)* съ двумя различными числами оборотовъ ($n = 200$ и 600) — для обыкновенныхъ условій работы и экстренныхъ, напримѣръ, на случай пожара.

*) *Z. d. Ver. deutsch. Ing.*, 1898, № 49, стр. 1347.
**) Изображеніе этого насоса помѣщено на обложкѣ книги.

Коэф. полезнаго дѣйствія электрическихъ насосовъ получается тѣмъ значительнѣе, чѣмъ болѣе величина насоса и чѣмъ больше высота напора, т. е. чѣмъ ближе величина затрачиваемой работы къ таковой же у двигателя.

Въ 1891 г. американскій заводъ *Thomson-Houston Co. (въ Lynn, Mass.)* произвелъ систематическій рядъ опытовъ съ электрическими насосами одного изъ американскихъ заводовъ при перемѣнной высотѣ напора. Ее можно было дѣлать равной около 40 фут., 60, 100, 120, 150, 175, 235, 290 и 350. Для опытовъ брались электромоторы *Alone*, заставляли ихъ работать съ напряженіемъ отъ 217 до 246 вольтъ при числѣ амперовъ отъ 4 до 76.

Для насоса $D=4$ дм., $S=4$ дм. (или короче 4×4 дм.) брался двигатель $N=3$ силы, полный коэффиц. полезнаго дѣйствія насоса и двигателя получался равнымъ $ж=0{,}33 — 0{,}6$, смотря по напору.

Для насоса	4×5	дм.,	$N=5$	силъ,	$ж=0{,}3 — 0{,}6$
»	»	5×6	»	$N=7\frac{1}{2}$	»	$ж=0{,}38 — 0{,}67$
»	»	$6\frac{1}{2}\times8$	»	$N=15$	»	$ж=0{,}33 — 0{,}71$
»	»	8×8	»	$N=20$	»	$ж=0{,}43 — 0{,}72$

Въ *Engineering*, 1887, *nov.* 18, описаны опыты съ электрическими насосами, работающими въ шахтѣ *St. John* въ *Normanton* и расходующими каждый около 6,5 эффективныхъ силъ. Коэф. полезнаго дѣйствія всей установки приведенъ $=0{,}444$. Высота напора 530 фут.

Въ журналѣ *Engineering News*, 1895, *oct.* 3, № 14, стр. 227, описано устройство городской водокачки съ электрическими насосами въ небольшомъ американскомъ городкѣ *De Kalb*, лежащемъ въ 60 миляхъ на западъ отъ Чикаго и насчитывающемъ около 5000 жителей. Вода въ количествѣ около 30.000 вед. въ день добывается изъ артезіанскихъ колодцевъ. Она вступаетъ въ нихъ съ глубины 890 фут. и останавливается въ скважинахъ на разстояніи 165 фут. отъ поверхности земли. Артезіанскіе насосы построены по типу *Taylor* (§ 61) заводомъ *Downie Br.*, расходуютъ работу около 25 силъ, которую они получаютъ ремнемъ отъ многофазнаго двигателя, дѣлающаго 565 обор., при напряженіи 220 вольтъ. Вода подается въ запасный резервуаръ на 150.000 ведеръ, а оттуда двумя электрическими насосами вода поднимается уже въ городскую сѣть подъ напоромъ въ 80 фут. Діам. насосныхъ плунжеровъ 10 дм., ходъ ихъ 12 дм. Каждый изъ этихъ насосовъ работаетъ со своимъ электромоторомъ на 50 силъ, дѣлающимъ около 500 обор.; напряженіе 200 вольтъ.

Съ электрическими насосами этой водокачки были сдѣланы довольно продолжительные и разнообразные опыты. Ихъ велъ инженеръ *Mead*, измѣняя и число силъ мотора, и рабочую высоту напора.

Для двигателей въ 50 силъ на *max* работы гарантировался коэф. полезнаго дѣйствія мотора около *0,9*; на опытѣ онъ оказался слѣдующимъ: 0,911 при $N=55$; 0,923 при $N=60$. При работѣ моторовъ не на полную силу (до половинной) коэф. полезнаго дѣйствія мотора

гарантируется отъ 0,82 и выше; при опытахъ онъ оказался слѣдующимъ:

$N=25$ . . .	к. п. д. =	0,835	$N=40$ . . .	к. п. д. =	0,874
30 . . .	»	0,848	45 . . .	»	0,887
35 . . .	»	0,862	50 . . .	»	0,898

Для насоса 10×12 дм. при нормальной его работѣ *коэф. п. д.* гарантируется = 0,75, при половинной подачѣ — 0,68.

При работѣ этихъ насосовъ подъ напоромъ отъ 70 до 133 фут. при числѣ оборотовъ насоснаго вала отъ 42 до 46 получились слѣдующіе результаты:

Напоръ h		70,5	88,5	129,5	130	133,5 фут.
Коэф.	насоса	0,687	0,726	0,802	0,775	0,773 = $ж_1$
пол. д.	всей установки .	0,586	0,649	0,728	0,710	0,719 = $ж$

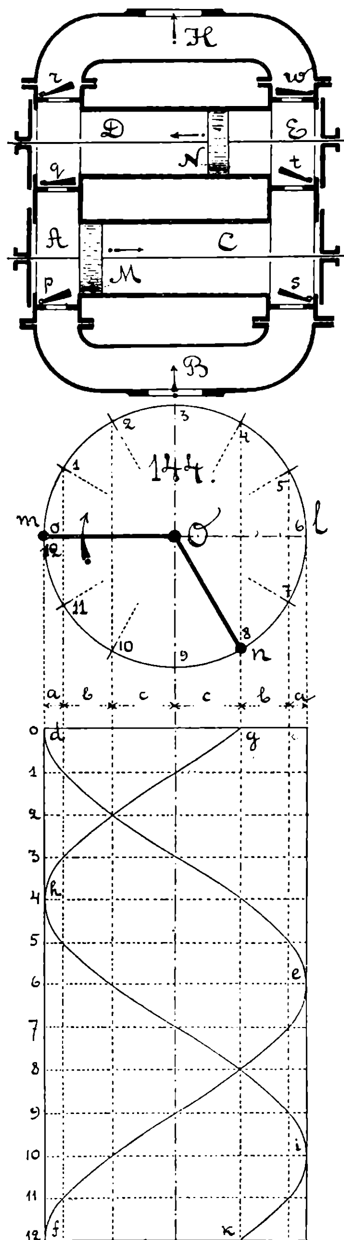
70. **Насосъ тройного дѣйствія системы Jandin**. Ліонскій инженеръ *Henry Jandin* въ 1895 г. предложилъ особую систему устройства насоса тройного дѣйствія, которая раціональный графикъ (фиг. 133) можетъ выполнить, работая съ двухколѣнчатымъ валомъ, съ 2 поршнями и 6-ю клапанами (см. *Génie civil*, 1895, № 672). Схема устройства этого насоса и діаграмма измѣненія объемовъ его рабочихъ камеръ представлены на **фиг. 144**: M и N — поршни насоса, m и n — соотвѣтственные имъ кривошипы, поставленные подъ угломъ въ 120° одинъ къ другому; A, C, D и E — 4 рабочія камеры насоса; B и H — всасывающая и нагнетательная трубы: p,s — всасывающіе клапаны, r,w — нагнетательные; клапаны q,t по отношенію къ нижнему цилиндру являются въ роли нагнетательныхъ, а по отношенію къ верхнему — въ роли всасывающихъ.

Чтобы удобнѣе было слѣдить за измѣненіемъ объемовъ у рабочихъ камеръ насоса, на фиг. 144 окружность, описываемая пальцемъ кривошипа, раздѣлена на 12 равныхъ частей; столько же дѣленій внизъ отложено и по линіи df, начиная отъ которой вправо будутъ отсчитываться размахи поршней.

Пренебрегая вліяніемъ длины шатуновъ, можно считать, что перемѣщенія поршней будутъ равны проекціямъ дугъ, которыя описываетъ палецъ кривошипа на линію lm, параллельную осямъ насосныхъ цилиндровъ.

Чтобы понять суть въ дѣйствіи этого насоса, мы разсмотримъ въ дальнѣйшемъ перемѣщенія обоихъ поршней въ теченіе 12 интерваловъ, соотвѣтствующихъ каждый $^1/_{12}$ долѣ оборота вала насоса. Для этого прежде всего обратимъ вниманіе на то, что проекціи длины всѣхъ дугъ окружности lnm въ разныхъ интервалахъ могутъ быть только *трехъ* разныхъ величинъ, обозначенныхъ на чертежѣ буквами a, b и c, причемъ при углѣ $mOn = 120°$, очевидно, $a + b = c$. Кривошипы пусть перемѣщаются въ томъ же направленіи, какъ и часовая стрѣлка.

Интервалъ 0 — 1. Поршень M подвигается вправо на длину a, поршень N — влѣво на длину c. Нагнетаетъ въ трубу H поршень N чрезъ открытый клапанъ r; объемъ подаваемой имъ жидкости будетъ пропорціоналенъ c, для сокращенія будемъ говорить прямо $= c$. Присасываютъ воду оба поршня, M присасываетъ въ рабочую камеру A объемъ a чрезъ открытый клапанъ p, а N присасываетъ въ рабочую камеру E объемъ b чрезъ открытые клапаны s и t; въ это время поршень N подвигается влѣво на величину c, а поршень M вправо на величину a, поэтому присасываемый въ камеру E объемъ и будетъ $c - a = b$. Такимъ образомъ чрезъ отверстіе B присасывается насосомъ въ камеру A объемъ a, въ камеру E — объемъ b, а всего $a + b$, или c.



Интервалъ 1 — 2. M подвигается вправо на длину b, N — влѣво опять на c. Въ A присасывается объемъ b, въ E — объемъ $c - b = a$; всего присасывается $a + b$, т. е. опять c. Поршень N нагнетаетъ чрезъ клапанъ r объемъ c.

Интервалъ 2 — 3. Весь объемъ c присасывается въ камеру A; клапаны q и s закрыты, а остальные всѣ открыты; поршень N нагнетаетъ чрезъ клапанъ r объемъ b, а поршень M чрезъ клапаны t и w добавляетъ въ трубу H объемъ $c - b$, т. е. a; вся же подача снова будетъ c.

Интервалъ 3 — 4. Въ камеру A присасывается опять весь объемъ c; раскрыты и закрыты тѣ же самые клапаны, что и въ предыдущемъ періодѣ: N чрезъ r нагнетаетъ a, M чрезъ t и w добавляетъ $c - a$, т. е. b. Полная подача $= c$.

Интервалъ 4 — 5. Поршень N идетъ слѣва направо, а поршень M продолжаетъ двигаться вправо. Въ камеру A присасывается b, а въ камеру D — объемъ a. Клапаны r и s въ это время закрыты, а остальные всѣ открыты. M нагнетаетъ чрезъ t и w объемъ b, а N добавляетъ чрезъ w объемъ a. Полная подача $= c$.

Интервалъ 5 — 6. Раскрыты и закрыты тѣ же самые клапаны, что и въ предыдущемъ періодѣ. Камера A беретъ объемъ a, камера D — объемъ b. Поршень M подаетъ a, поршень N добавляетъ b. Полная подача $= c$.

Интервалъ 6—7. Поршень *M* уже идетъ справа налѣво, а поршень *N* продолжаетъ двигаться вправо. Клапаны *r* и *t* закрыты, а остальные всѣ открыты. Нагнетаетъ одинъ поршень *N* величину объема *c* чрезъ клапанъ *w*. Всасывающими камерами являются *C* и *D*: камера *C* беретъ объемъ *a*, камера *D* сама по себѣ взяла бы объемъ *c*, но въ счетъ этого объема поступитъ объемъ *a* изъ камеры *A*, остальное же будетъ взято изъ трубы *B*, такъ что насосъ въ это время присосетъ объемъ *c* и отдастъ въ трубу *H* столько же.

Интервалъ 7—8. Поршни продолжаютъ двигаться въ томъ же направленіи, какъ и въ предыдущемъ періодѣ, раскрыты и закрыты тѣ же самые клапаны, какъ и тамъ. Нагнетаетъ одинъ поршень *N* объемъ *c* чрезъ клапанъ *w*. Въ камеру *C* изъ трубы *B* поступаетъ объемъ *b*, а въ камеру *D*—объемъ *a*, какъ разность измѣненія величины объемовъ *D* и *A*. Присасывается и подается въ этотъ періодъ по объему *c*.

Интервалъ 8—9. Поршни продолжаютъ двигаться въ томъ же направленіи, какъ и въ предыдущемъ періодѣ, но *M* идетъ быстрѣе *N*, поэтому клапанъ *p* закрывается, а *q* и *r* открываются. Въ этотъ періодъ будутъ закрыты поэтому клапаны *p* и *t*, а остальные всѣ открыты. Поршень *M* въ камеру *C* присасываетъ чрезъ клапанъ *s* полный объемъ *c*. Поршень *N* чрезъ клапанъ *w* нагнетаетъ только объемъ *b*, а величину объема *a* добавляетъ въ трубу *H* поршень *M*; всего онъ гонитъ объемъ *c*, но изъ него часть *b* остается въ камерѣ *D*, а остальное поступаетъ въ нагнетательную трубу. Слѣдовательно, опять и въ этомъ періодѣ присасывается насосомъ объемъ *c* и нагнетается столько же.

Интервалъ 9—10. Поршни двигаются такъ же, какъ и въ предыдущемъ періодѣ, и клапаны дѣйствуютъ такъ же, какъ и тамъ: поршень *M* присасываетъ въ камеру *C* полный объемъ *c* и выгоняетъ изъ камеры *A* тоже объемъ *c*, но часть его *a* поглощается камерой *D*, такъ что чрезъ клапанъ *r* поступаетъ въ трубу *H* только объемъ *b*; но чрезъ клапанъ *w* поршень *N* добавляетъ объемъ *a*, и полная подача опять будетъ *c*.

Интервалъ 10—11. Оба поршня идутъ справа налѣво, но поршень *M* быстрѣе нежели *N*. Въ этомъ періодѣ клапаны *p* и *w* закрыты, остальные же всѣ открыты. Всасываютъ совмѣстно камеры *C* и *E*, а нагнетаніе идетъ совмѣстно изъ камеръ *A* и *D*: камера *E* чрезъ клапаны *s* и *t* присасываетъ объемъ *a*, камера *C* чрезъ клапанъ *s* беретъ для себя изъ всасывающей трубы объемъ *b*; изъ камеры *A* чрезъ клапаны *q* и *r* нагнетается объемъ *b*, а остальной объемъ *a* поступаетъ въ нагнетательную трубу чрезъ клапанъ *r* изъ камеры *D*. Полная подача $=c$.

Интервалъ 11 — 12 совершается при движеніи поршней въ ту же сторону, какъ и въ предыдущемъ періодѣ; роли клапановъ остаются тѣ же, какъ и тамъ: камера *C* всасываетъ объемъ *a*, камера *E* — объемъ *b*; камера *A* нагнетаетъ объемъ *a*, камера *D* — объемъ *b*. Полная подача$=c$.

Послѣ этого опять наступаетъ интервалъ *0—1*, и циклъ періодовъ снова повторяется.

Такимъ образомъ разсмотрѣніе діаграммы измѣненія объемовъ въ рабочихъ камерахъ насоса *Jandin* показало намъ слѣдующія его свойства:

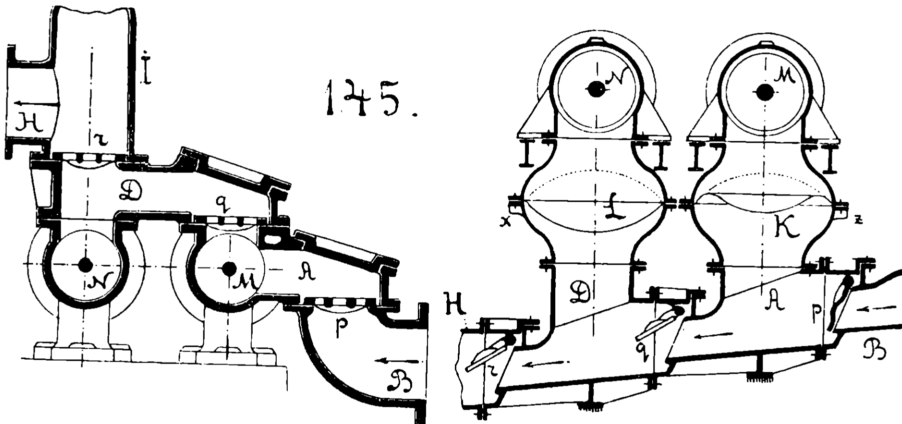
1) Въ теченіе каждой двѣнадцатой доли оборота насосъ присасываетъ и нагнетаетъ одно и то же количество воды, пропорціональное перемѣщенію *c*, которое есть четверть хода поршня, такъ что за цѣлый оборотъ насосъ подаетъ объемъ

$$12.\ F.c = 12.F.\frac{S}{4} = 3.F.S,$$

т. е. это есть насосъ тройного дѣйствія.

2) Когда оба поршня у этого насоса идутъ въ одну сторону, они оба всасываютъ и оба нагнетаютъ. Это бываетъ въ томъ случаѣ, когда одинъ изъ поршней отъ своей мертвой точки пробѣгаетъ 2 первые интервала (справа или слѣва), а другой поршень заканчиваетъ свои 2 послѣдніе интервала (слѣва или справа), и наоборотъ.

3) Если нижній поршень пробѣгаетъ свои 2 средніе интервала (справа налѣво, или наоборотъ), онъ одинъ присасываетъ воду, а нагнетаніе ея въ это время ведутъ вмѣстѣ оба поршня.



4) Если верхній поршень пробѣгаетъ свои 2 средніе интервала въ томъ или другомъ направленіи, онъ одинъ нагнетаетъ воду, а присасываніе ея ведутъ въ это время оба поршня.

Если бы послѣ этихъ разъясненій мы начали строить графикъ такого насоса, мы увидали бы, что это будетъ повтореніе графика фиг. 133, только крайнею лѣвою ординатою его была бы qi_3 и часть графика, находящуюся на фиг. 133 лѣвѣе этой ординаты, надо было бы приставить правѣе точки *m*. Въ видѣ упражненія слѣдуетъ построить самому этотъ измѣненный графикъ, пересматривая опять сначала всѣ 12 интерваловъ.

Такимъ образомъ оказывается, что этотъ насосъ будетъ также раціональнымъ насосомъ тройного дѣйствія, но онъ будетъ выполнять свою функцію только съ 2 цилиндрами и двумя поршнями вмѣсто трехъ и съ двухколѣнчатымъ валомъ вмѣсто трехколѣнчатаго.

На **фиг. 145** представлены въ поперечныхъ разрѣзахъ двѣ конструктивныя схемы для выполненія насоса *Jandin*. Обозначенія для частей насоса и рабочихъ камеръ здѣсь удержаны тѣ же самыя, что и на фиг. 144.

Лѣвая схема на фиг. 145 приспособлена для качки чистыхъ жидкостей безъ ила, песку и т. п. примѣсей; главное вниманіе здѣсь обращено на свободное удаленіе воздуха изъ насоса и на доступность всѣхъ клапановъ для осмотра, по нѣсколько излишне развитъ вредный объемъ всасывающей камеры *A*, и осмотръ клапана *r* требуетъ отнятія воздушнаго колпака *I* не только отъ клапанной коробки, но также и отъ нагнетательной магистрали.

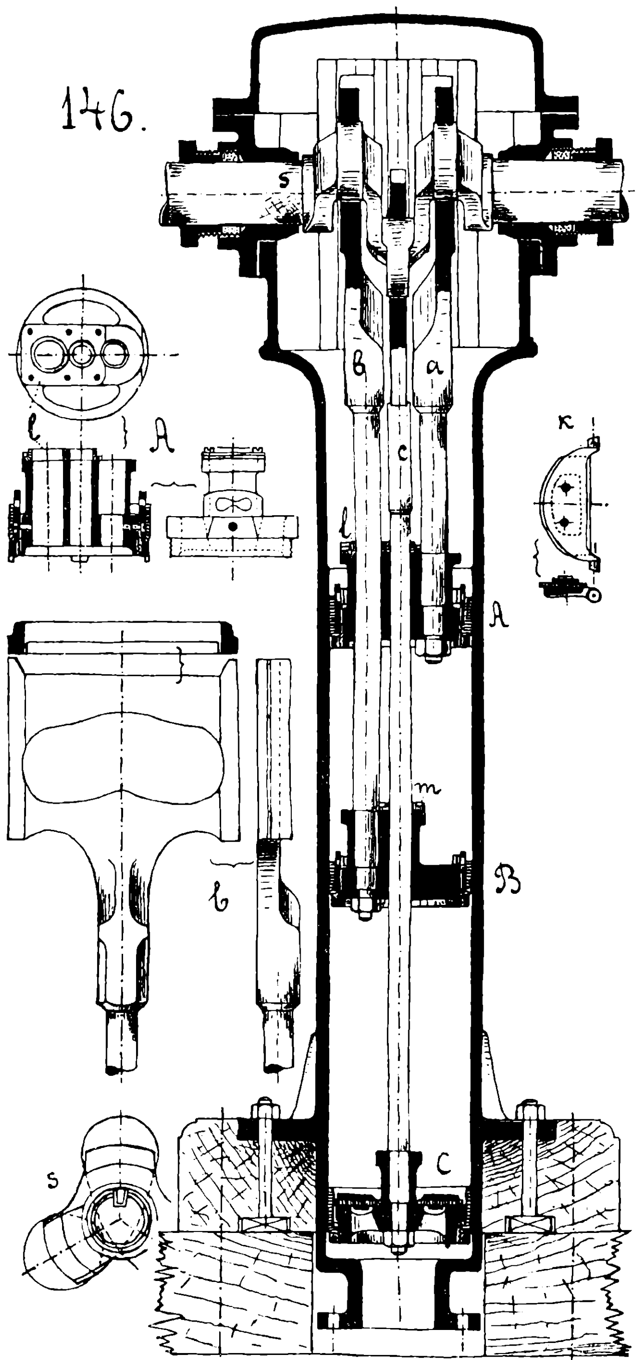
Правая схема на фиг. 145 приспособлена для качки ѣдкихъ и сорныхъ жидкостей (канализаціонные насосы). Между поршнями и рабочими камерами здѣсь введены мембраны *K* и *L*, затѣмъ всѣ трубы и рабочія камеры насоса имѣютъ уклонъ въ одну опредѣленную сторону по направленію движенія жидкости, чтобы обезпечить возможность перемѣщенія твердыхъ тѣлъ по кратчайшему пути изъ всасывающей магистрали ***B*** въ нагнетательную *N*. Удаленіе воздуха и газовъ изъ-подъ мембрамъ ***K*** и ***L*** въ воздушную часть нагнетательнаго колпака дѣлается трубками, которыя присоединяются къ насосу въ *x* и *z* и снабжены небольшими возвратными клапанами: послѣдніе позволяютъ газамъ перемѣщаться изъ рабочихъ камеръ ***A*** и ***D*** въ нагнетательный колпакъ, но не наоборотъ. Мембранамъ ***K*** и ***L*** дана такая форма, чтобы свободно описываемый ими объемъ былъ не менѣе того измѣненія объема рабочихъ камеръ, которое вызывается перемѣщеніемъ поршней, т. е. не менѣе $^1/_4 \cdot F \cdot S$, чтобы во время работы насоса мембраны не испытывали добавочной вытяжки.

Насосы системы *Jandin* имѣютъ за собою всѣ преимущества раціональныхъ насосовъ тройного дѣйствія и даже проще всѣхъ предыдущихъ по своему устройству; затѣмъ они также хорошо могутъ быть приспособлены для массовой фабрикаціи, какъ и тѣ; но, благодаря существованію поршней у нососовъ *Jandin*, они не могутъ конкурировать со скальчатыми насосами тройного дѣйствія при очень высокихъ давленіяхъ. Примѣры работы такихъ насосовъ при напорѣ, соотвѣтствующемъ давленію 15 атм., имѣются уже въ практикѣ. Увеличенію числа оборотовъ такихъ насосовъ до 120 — 150 не встрѣчается никакихъ препятствій; при этомъ жидкость имѣетъ возможность слѣдовать чрезъ насосъ по кратчайшему пути между всасывающею трубою и нагнетательною.

71. **Насосъ тройного дѣйствія системы** *Downton*. Идея *Leroux*, работать въ одномъ цилиндрѣ тремя проходными поршнями, столь неудачно осуществленная имъ (см. § 66), вовсе заброшена не была. Имѣть непрерывную струю жидкости въ трехъ рабочихъ камерахъ насоса, комбинирующихся одна съ другою въ такой компактной формѣ, представляется во многихъ случаяхъ все таки очень желательнымъ. Чтобы сохранить эти свойства насоса *Leroux* и устранить его недостатки, *Downton*

видоизмѣнилъ конструкцію насоса, замѣнивши трехколѣнчатый валъ комбинаціею трехъ эксцентриковъ и выполнивши 3 отдѣльныя поршневыя штанги.

Конструктивная схема насоса *Downton* представлена въ продольномъ вертикальномъ разрѣзѣ на **фиг. 146;** тамъ же показано и детальное устройство различныхъ частей этого насоса: *A*, *B*, *C* — три проходныхъ поршня различнаго устройства, каждый съ 2 откидными клапанами *k*: центрально расположенную штангу *c* имѣетъ только нижній поршень *C*, штанги же *a* и *b* двухъ другихъ поршней расположены эксцентрично съ осью цилиндра: штанга *b*, проходящая сквозь поршень *A*, и штанга *c*, которая проходитъ сквозь 2 верхнихъ поршня *A* и *B*, направляются въ нихъ весьма длинными втулками; герметичность этихъ соединеній на ходу насоса достигается кожаными манжетами *l*, *m*; головки штангъ *a*, *b*, *c* имѣютъ форму прямоугольныхъ рамъ; онѣ ходятъ въ направляющихъ, которыя прилиты внутри верхней расширенной части цилиндра; рабочія поверхности этихъ направляющихъ офрезованы параллельно



оси цилиндра; благодаря всѣмъ этимъ мѣрамъ, прямолинейное движеніе штангъ достигается довольно совершенно; защемленія поршней *A* и *B* въ цилиндрѣ, нагружаемыхъ давленіемъ воды эксцентрично, не

происходить, благодаря весьма длиннымъ втулкамъ, которыми охвачены штанги *b* и *c*, а также и потому, что поршни на внѣшней своей окружности не имѣють вовсе металлическихъ частей, которыя соприкасались бы со стѣнками цилиндра; герметичная работа поршней во время ихъ восхожденія въ цилиндрѣ достигается исключительно помощію кожаныхъ манжетъ.

Выполняя эксцентрики и прорѣзы для нихъ въ головкахъ поршневыхъ штангъ *a*, *b*, *c*, *Downton* желалъ достигнуть слѣдующаго:

1) чтобы размахъ каждаго изъ поршней былъ возможно ближе къ двойному радіусу кривошипа,

2) чтобы при равномѣрномъ вращеніи вала и перемѣщеніе поршней на большей части ихъ пути было также почти равномѣрно,

3) чтобы каждый изъ поршней, дойдя до своего верхняго положенія, оставался въ покоѣ въ теченіе шестой доли оборота вала и свободно пропускалъ сквозь себя жидкость, перемѣщаемую въ это время другими поршнями.

Всѣ эти 3 задачи *Downton* вполнѣ удачно разрѣшилъ, дѣлая у трехколѣнчатаго вала всѣ 3 шейки въ видѣ распространенныхъ треугольныхъ эксцентриковъ (**фиг. 147**), работающихъ въ особой формы прорѣзахъ у головокъ поршневыхъ штангъ: средняя часть этихъ прорѣзовъ, соотвѣтственно шестой доли окружности, выполнена концентричною съ геометрическою осью вала *s*. Построеніе эксцентрика и охватывающаго его кулиснаго прорѣза показано на фиг. 147. Тамъ же на вертикали отмѣчены и всѣ послѣдовательныя положенія, которыя будетъ занимать поршень при вращеніи вала.

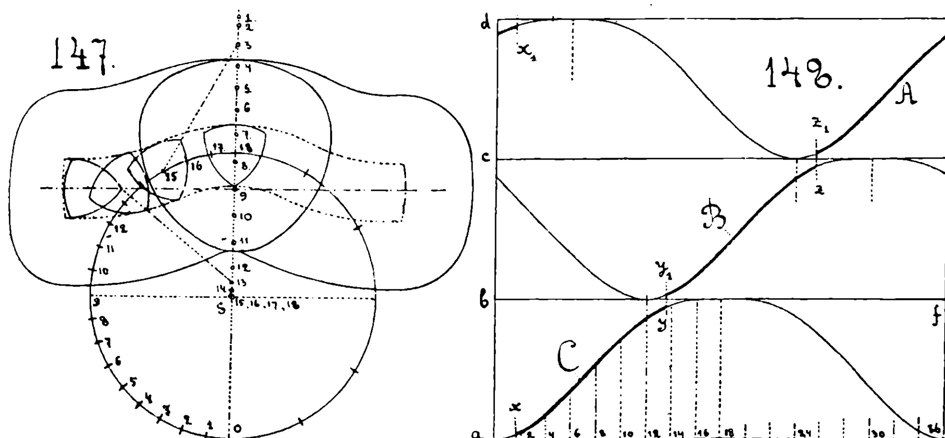
Самое построеніе фиг. 147 и способъ размѣтки всѣхъ положеній поршня на вертикальномъ діаметрѣ ясно видны на чертежѣ, нужно только читать его.

Пользуясь данными фиг. 147, составлена далѣе діаграмма перемѣщенія каждаго изъ поршней (**фиг. 148**): на ней длины *ab*, *bc*, *cd* одинаковы и равны полному вертикальному перемѣщенію каждаго изъ поршней, а основаніе *bf* діаграммы прямо пропорціонально длинѣ окружности, описываемой центромъ треугольнаго эксцентрика вокругъ геометрической оси вала; эта длина такъ же, какъ и окружность, раздѣлена на *36* равныхъ частей; на вертикали, проведенной черезъ каждое изъ дѣленій, отложено соотвѣтственное перемѣщеніе поршня, отсчитываемое отъ самаго нижняго его положенія. Такимъ образомъ и построены были кривыя ***C***, ***B***, ***A*** для соотвѣтственныхъ поршней на фиг. 146: у каждой кривой есть восходящая вѣтвь и нисходящая, между ними вверху располагается вездѣ прямолинейная часть на протяженіи 6 дѣленій, когда поршень остается въ покоѣ. Каждая восходящая вѣтвь отмѣчаетъ рабочія перемѣщенія своего поршня, когда онъ нагнетаетъ.

На фиг. 148 отмѣчены 3 критическія вертикали xx_1, yy_1 и zz_1; каждая изъ нихъ на смежныхъ кривыхъ отмѣчаетъ такія точки, въ которыхъ касательныя къ этимъ кривымъ параллельны между собою; правѣе каждой изъ этихъ вертикалей начинающій свое восходящее движеніе поршень

будетъ двигаться быстрѣе того, который кончаетъ свое восходящее движеніе; въ этотъ именно моментъ происходитъ закрытіе клапана у того поршня, который только что началъ свое восходящее движеніе, и онъ одинъ дѣлается нагнетающимъ жидкость, а остальные поршни свободно пропускаютъ ее чрезъ себя. Такъ будетъ продолжаться до слѣдующей критической вертикали и т. д. Тѣ части кривыхъ, которыя приходятся на рабочій (нагнетательный) періодъ соотвѣтственнаго поршня, представлены на фиг. 148 толстыми линіями. Такимъ образомъ видно изъ діаграммы, что до вертикали xx_1 нагнетаетъ жидкость верхній поршень A, между вертикалями xx_1—yy_1 нагнетающимъ поршнемъ является самый нижній, потомъ—средній, наконецъ—опять верхній.

Утолщенныя части кривыхъ A, B, C показываютъ, что во время рабочаго періода движеніе каждаго изъ поршней происходитъ довольно близко къ равномѣрному, и всѣ 3 утолщенныя вѣтви кривыхъ очень немного уклоняются отъ общаго прямолинейнаго направленія.



Проекція кривой xy (фиг. 148) на вертикаль представляетъ собою рабочій размахъ одного изъ поршней. Повторяя его 3 раза и умножая эту сумму на площадь сѣченія цилиндра, получимъ полный объемъ жидкости, подаваемый за 1 оборотъ вала. По *Busley* въ насосахъ *Downton* величина этого объема можетъ быть такою:

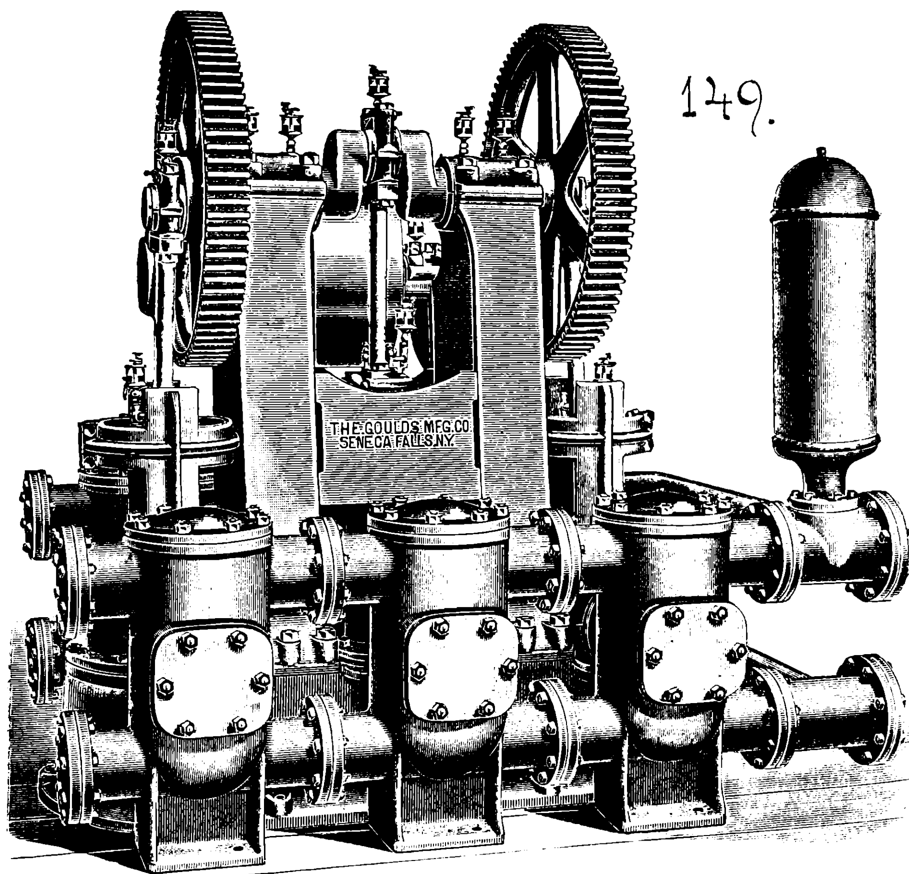
$$3 . F . 1{,}97 . r.$$

гдѣ r—радіусъ окружности, описываемой средней точкой эксцентрика около оси вала, т. е. рабочій размахъ поршня здѣсь можетъ быть доведенъ почти до $2r$.

Насосы системы *Downton* въ большомъ ходу на судахъ вообще и на русскихъ военныхъ судахъ въ частности. Ихъ строятъ съ діаметрами цилиндра въ $4\frac{1}{2}$, 7 и 9 дм. при величинѣ рабочаго размаха въ $3\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{2}$ и $4\frac{1}{2}$ дм. Для вращенія вала s устраивается передача ручная или отъ спеціальнаго парового двигателя. Число человѣкъ команды, которое ставится на ручную передачу бываетъ здѣсь отъ 10 до 50 (см. *Busley*).

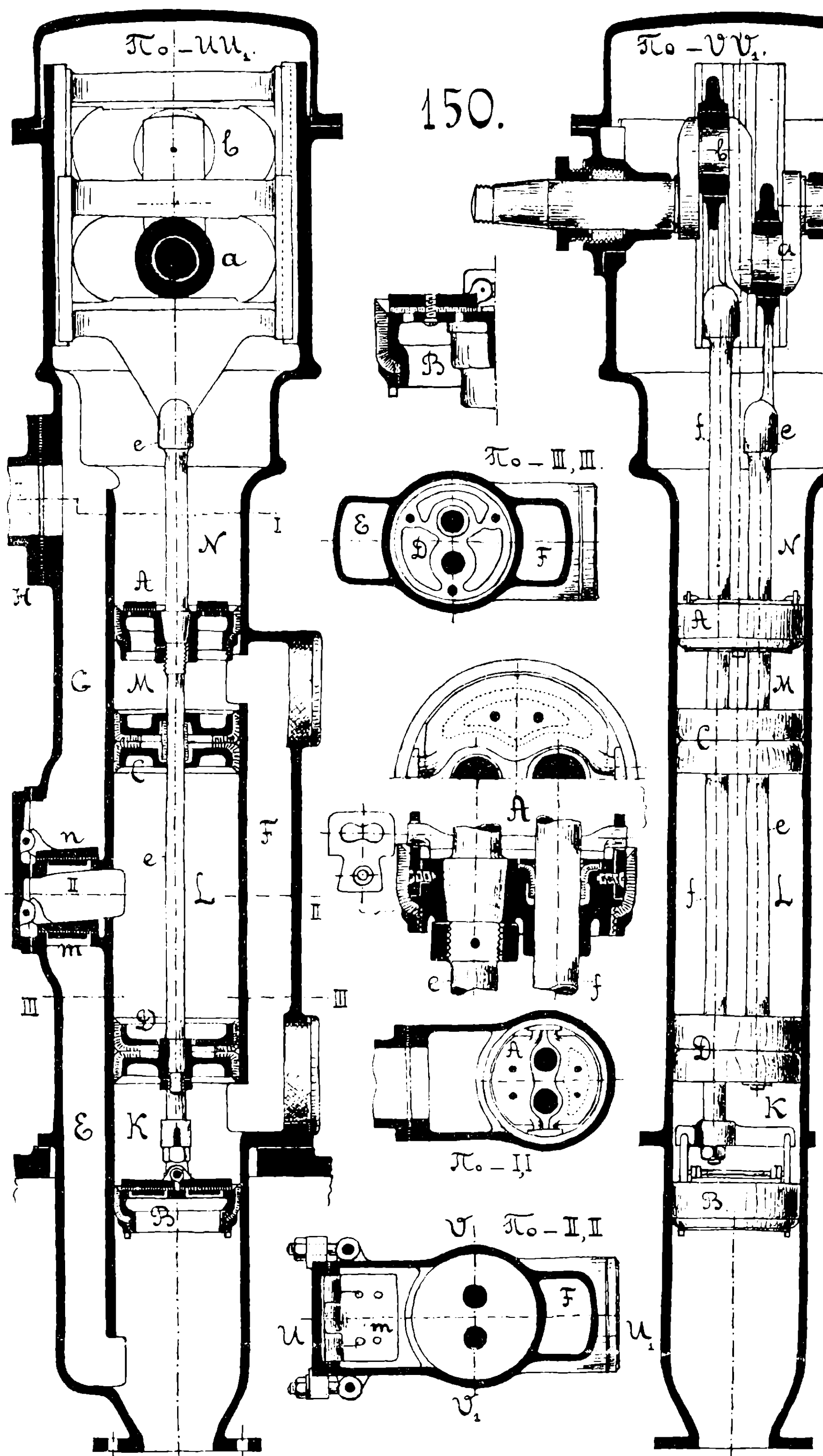
72. **Сдваиваніе насосовъ тройного дѣйствія** для полученія насоса шестерного дѣйствія дѣлается двояко: 1) дублированіемъ двухъ одинаковыхъ устройствъ тройного дѣйствія, работающихъ каждое раціональнымъ графикомъ, 2) употребленіемъ спеціально для этой цѣли построенныхъ насосовъ, къ числу которыхъ относится разсматриваемое нами ниже устройство системы *Stone*.

Обыкновенный примѣръ дублированія насосовъ тройного дѣйствія по 1-му способу представленъ на **фиг. 149** въ извѣстной уже намъ модели завода *Goulds*. Подобные насосы готовятся съ діаметрами цилиндровъ въ 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10 дм., съ размахомъ въ 6, 8, 10, 12 и 14 дм., при $n = 60 - 40$ обор. въ мин.



Насосъ Stone, конструктивная схема котораго изображена въ двухъ вертикальныхъ продольныхъ разрѣзахъ и нѣсколькихъ поперечныхъ на **фиг. 150**, представляетъ собою довольно оригинальное спеціальное устройство, предназначенное для сдваиванія тройного дѣйствія.

Этотъ насосъ работаетъ съ двухколѣнчатымъ валомъ, у котораго колѣна поставлены подъ угломъ въ 180°. Поршней—четыре: два сплошныхъ C и D и два проходныхъ A и B. Поршневыхъ штангъ — двѣ; изъ нихъ правая *e* хватается за шейку *a* у вала и несетъ на себѣ пор-



150.
Пo – UU1.
Пo – VV1.
Пo – III, III.
Пo – I, I
Пo – II, II

шни A и D, свободно проходя сквозь C; а лѣвая штанга хватается за шейку b у вала и несетъ на себѣ поршни B и C, свободно проходя сквозь A и D. Какимъ образомъ поршень A закрѣпляется на штангѣ e и пропускаетъ сквозь себя штангу f, видно въ детальномъ изображеніи въ срединѣ чертежа. Головки штангъ e и f, какъ и въ насосѣ *Downton*, ходятъ здѣсь въ направляющихъ, отлитыхъ на верхней расширенной части цилиндра и аккуратно офрезованныхъ паралельно оси цилиндра. Шейки a и b у вала одѣваются или надѣвными кольцевыми роликами, или же соотвѣтственной формы скользящими вкладышами. Клапановъ у насоса 4 системы: двѣ изъ нихъ помѣщены на проходныхъ поршняхъ A и B, и затѣмъ 2 клапана находятся еще въ двухъ боковыхъ каналахъ E и G. Всѣхъ рабочихъ камеръ у этого насоса 4,—а именно: K, L, M и N, при нихъ—три соединительныхъ канала E, F и G.

Насосъ *Stone* дѣйствуетъ слѣдующимъ образомъ:

Предположимъ, что шейка a при вращеніи колѣнчатаго вала изъ ея крайняго нижняго положенія переходитъ постепенно въ самое высшее положеніе: въ этотъ періодъ поршни A и D будутъ подниматься, а поршни B и C — опускаться, клапанъ m будетъ закрытъ, а n — открытъ. Рабочая камера N отдаетъ въ нагнетательную трубу объемъ $F.S$, изъ рабочей камеры L перейдетъ туда же объемъ $2F.S$ чрезъ клапанъ n и каналъ G, полная подача воды за полъ-оборота вала будетъ $=3F.S$. Въ камеру M присосется объемъ $2F.S$, а въ камеру K — объемъ $F.S$; итого пройдетъ чрезъ сѣченіе всасывающей трубы объемъ $3F.S$.

При 2-мъ полуоборотѣ вала поршни A и D будутъ опускаться, а поршни B и C — подниматься, клапанъ n будетъ закрытъ, а m — открытъ; рабочая камера L заберетъ объемъ $2F.S$, а поршень B при своемъ перемѣщеніи кверху присосетъ $F.S$. Всасываемый за $^1/_2$ оборота вала объемъ опять будетъ $3F.S$. Рабочая камера K сдѣлаетъ нагнетаніе объема $2F.S$ чрезъ каналъ F и поршень A; поднимающійся поршень C протолкнетъ сквозь A еще $F.S$, такъ что полная подача за $^1/_2$ оборота вала будетъ снова $3F.S$.

Слѣдовательно, насосъ *Stone* работаетъ также, какъ 3 насоса двойного дѣйствія, у которыхъ кривошипы составляютъ между собою уголъ $=0^0$ или 180^0. Графикъ такого насоса по существу ничѣмъ не будетъ отличаться отъ графика насоса двойного дѣйствія, только здѣсь всѣ ординаты графика будутъ утроены; поэтому разница между максимальною скоростью движенія воды въ трубахъ и среднею въ насосѣ *Stone* будетъ тоже на 57% (см. ф-лу **11** въ § 13 и § 41) вмѣсто 4,7%, какъ это было при насосахъ тройного дѣйствія, работающихъ по раціональному графику (см. § 67). Вслѣдствіе этого насосъ *Stone* долженъ имѣть достаточныхъ размѣровъ трубы, иначе на преодолѣніе тренія въ нихъ будетъ тратиться большая добавочная работа сравнительно съ другими системами насосовъ.

Не взирая на эти недостатки конструкціи, насосъ ***Stone***, благодаря своей компактности и малому вѣсу, быстро получилъ большое распространеніе на судахъ и сталъ вытѣснять собою насосы ***Downton***.

Въ сочиненіи ***Busley*** (*Schiffsmaschine*, ***Bd.*** II, 1886) находимъ слѣдующія сравнительныя данныя для упомянутыхъ двухъ системъ судовыхъ насосовъ, при числѣ оборотовъ вала $n = 40$ у обоихъ:

Система насоса.	Діаметръ. поршней въ дюймахъ.	Размахъ.	Подача воды въ часъ въ англ. тоннахъ.	Вѣсъ насоса въ *кг.*
Downton	$4^1/_2$	$3^1/_4$	5	165
»	7	$3^1/_2$	13	304
»	9	$4^1/_2$	27	744
Stone	$1^1/_2$	1	12	257
»	$5^1/_2$	$1^3/_8$	20	417
»	7	$1^1/_2$	33	787

Эти данныя показываютъ, что, при одной и той же производительности, насосъ *Stone* будетъ легче насоса *Downton*.

Rycke видоизмѣнилъ верхнюю часть насоса *Stone*, присоединивши къ ней еще зубчатую передачу съ отношеніемъ радіусовъ 2 : 1; ее вводятъ въ зацѣпленіе, когда желаютъ повысить число оборотовъ насоснаго вала вдвое, напр., во время пожара. Изображеніе такого насоса можно найти въ журн. ***American Machinist***, 1890, *fevr.*, или въ ***Revue de mécanique, 1897***, *№ 3, стр. 251.* Въ насосахъ *Stone* $n = 40$ считается нормальнымъ, а ***Rycke*** даетъ для своихъ насосовъ $n = 20$ безъ передачи и 40 съ передачей, такъ что введеніе зубчатой передачи въ насосѣ, конструируемомъ ***Rycke***, нужно разсматривать, какъ ничѣмъ не вызываемое усложненіе всего насоснаго устройства.